



模擬浮動型光電設施遮蔽率對虱目魚塭溫度變化初探

張秉宏¹、葉信利¹、陳哲俊²、王騰巍²、黃莞苓¹、李素雲¹、葉俊億¹

¹水產試驗所海水繁養殖研究中心、²國立嘉義大學水生生物系

前言

綠色能源近年蓬勃發展，太陽光電逐漸受到重視，在魚池上增設光電設施，將水產養殖產業轉型為漁電共構，既可生產糧食又同時可以提供能源，在未來發展上逐漸受到重視。浮動型太陽光電架設於養殖池上方，既不占用額外土地且移動迅速，可降低環境的破壞，此種方式除可持續原來的養殖亦能發電獲益，達到糧食自給、安全及環境友善的目標（圖 1）。

歐洲的英國及亞洲的新加坡，均具備浮動型太陽光電設施的基本規模（Liu et al., 2018），他們將光電板設置在飲用水的水庫表層，實際操作使用多年。臺灣的阿公店水庫也有設置浮動型的太陽光電設施（經濟部水利署，2017）。上述的案例證實，浮動型太陽能設施已被許多國家廣泛使用，它在使用上的安全顧慮及環境危害風險，已通過許多國家的測試與安全評估。

依據 2018 年臺灣漁業年報記載，全臺灣的虱目魚養殖面積達 9,721 公頃，其中鹹水魚塭有 5,838 公頃，淡水魚塭有 3,883 公頃。為此，發展浮動型太陽光電結合養殖，在產業結構發展能夠凸顯其重要性。本研究模擬

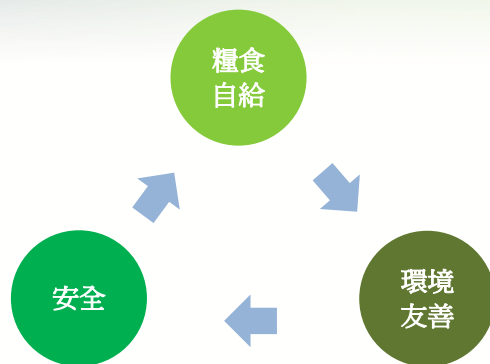


圖 1 浮動型太陽光電之漁電共構的基本考量包括：糧食自給、安全及環境友善

太陽光電結合虱目魚養殖之季節性溫度變化，探究它與傳統養殖模式的溫度差異，釐清它運用在漁電共構時的狀態，以利未來水產養殖產業的創新與轉型發展。

材料方法

浮動型太陽光電結合虱目魚養殖場試驗地點，設置於臺南市七股區的行政院農業委員會水產試驗所海水繁養殖研究中心（經緯度座標 23°07'24.41"N、120°04'49.67"E）。試驗期間在 2018/5/10—2019/5/30，惟因為實際架設太陽能板的價格較高，因此使用蘭花網遮蔽 40% 面積，模擬太陽光電面板進行實驗

(圖 2)。試驗分為遮蔽 40% 面積 (實驗組) 以及遮蔽率 0% 的對照組，兩池面積均為 3 分，池中各放養 3,500 尾虱目魚。實驗期間使用寬緯公司水質監測器 24 小時監測水質及水溫。另外，每 2 週進行水質的人工測量與分析，做為校正儀器與比對儀器的穩定度，在當天早上 08:00 及下午 15:00 實際測量水溫的變動狀態。



圖 2 模擬浮動型太陽光電結合虱目魚養殖 (七股)

結果與討論

實驗結果顯示，一般而言兩組在早上 08:00 的溫度差異較小，在下午 15:00 的溫度差異較大。實驗過程中溫度的變化結果依據養殖的季節說明如下：(1)在夏天，溫度隨著季節的變化加大。在 08:00 時，對照組的溫度比實驗組高 (圖 3)。在 15:00 時，對照組的溫度比實驗組高。但是在 7 月時兩組均有

明顯的溫度變化。(2)在秋天，溫度隨著季節的變化越來越低。在 08:00 時，對照組的溫度比實驗組高 (圖 4)。在 15:00 時，對照組的溫度比實驗組高，兩組的溫度隨季節變化。(3)在冬天，溫度隨著季節的變化越來越低。在 08:00 之後對照組的溫度比實驗組低 (圖 5)。1 月時溫度達到最低。冬季 15:00 時，對照組的溫度比實驗組高，從 2 月開始兩組的溫度隨季節變化開始往上升。(4)在春天，溫度隨著季節的變化越來越高。在 08:00 時，對照組的溫度比實驗組高 (圖 6)。在 15:00 時，對照組的溫度比實驗組高，兩組的溫度隨季節變化開始往上升。

模擬浮動型太陽光電結合虱目魚養殖系統，在研究中取得全年的溫度數據，均顯示在臺灣南部的臺南，溫度隨著季節影響產生變化，在早上 08:00 對照組的溫度比實驗組高，當下午 15:00 之後對照組的溫度幾乎都比實驗組高。夏季時，下雨導致溫度產生巨大的變化。秋季時，氣溫及水溫因為颱風帶來雨量導致溫度變化大，浮游性藻類因為鹽度巨變發生死亡的狀況，水質條件則不穩定。冬季，溫度逐漸降低，魚類降低攝食，水質回復為較穩定的狀態。春季開始，兩組的溫度隨季節變化開始往上升，魚群開始攝食。

一、夏季的溫度變化

在夏季，魚苗放養於夏季，季節性的變化較明顯的是從夏季開始，遮蔽率 40% 組的溫度變化較低，遮蔽率 0% 組的溫度變化較高。在夏季的溫度變化均高於 30.0℃，遮蔽率 40% 組最高溫出現在 2018/5/30 的 33.5℃，同時遮蔽率 0% 組最高溫是 35.0℃，兩

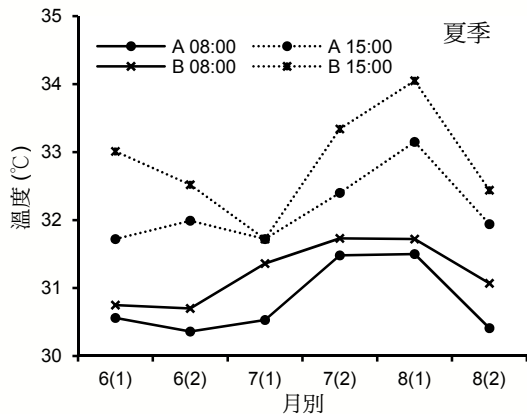
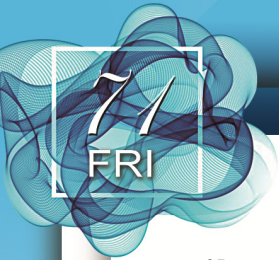


圖 3 夏季浮動型太陽光電結合虱目魚養殖 6-8 月的水溫變化。A：實驗組 40%遮蔽率；B：對照組 0%遮蔽率。*：早上溫度實線；下午溫度虛線。
**：(1)表示當月第 2 週；(2)表示當月第 4 週

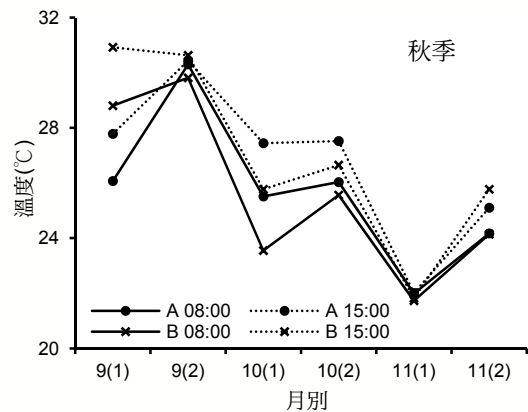


圖 4 秋季浮動型太陽光電結合虱目魚養殖 9-11 月的水溫變化。A：實驗組 40%遮蔽率；B：對照組 0%遮蔽率。*：早上溫度實線；下午溫度虛線。
**：(1)表示當月第 2 週；(2)表示當月第 4 週

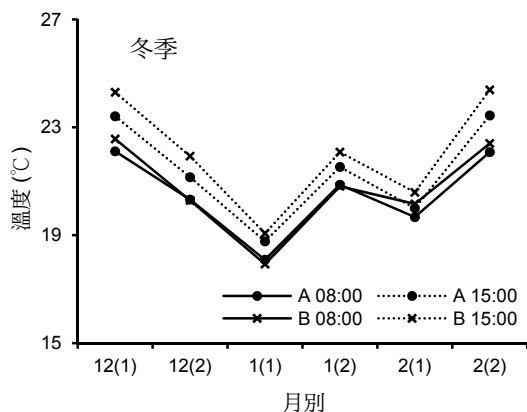


圖 5 冬季浮動型太陽光電結合虱目魚養殖 12-2 月的水溫變化。A：實驗組 40%遮蔽率；B：對照組 0%遮蔽率。*：早上溫度實線；下午溫度虛線。
**：(1)表示當月第 2 週；(2)表示當月第 4 週

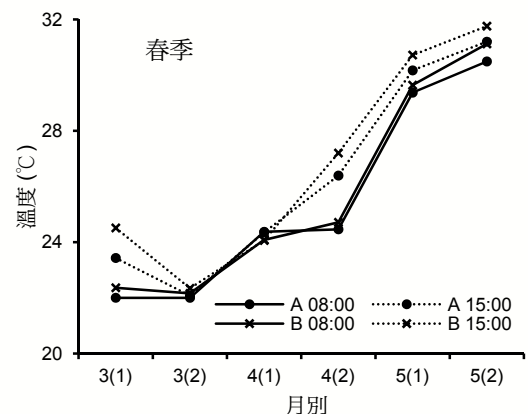


圖 6 春季浮動型太陽光電結合虱目魚養殖 3-5 月的水溫變化。A：實驗組 40%遮蔽率；B：對照組 0%遮蔽率。*：早上溫度實線；下午溫度虛線。
**：(1)表示當月第 2 週；(2)表示當月第 4 週

者相差 1.5℃。顯示，浮動型光電設施能有效的降低高溫，對於水質的穩定及水中微藻的控制具有效益。

二、秋季的溫度變化

在秋季，開始溫度開始下降，一般來說，

颱風造成的午後陣雨在這段期間非常的明顯，在水溫產生巨大的影響。秋季最低溫遮蔽率 0% 組是 21.7℃，遮蔽率 40% 組是 22.0℃。顯示秋季浮動型太陽光電養殖遮蔽率 40% 組，當低溫時平均溫度較高。遮蔽率 0%

組最高溫是 30.6℃，同時遮蔽率 40% 組最高溫是 30.4℃。顯示秋季浮動型太陽光電養殖遮蔽率 40% 組，當高溫期可以有較低的平均溫度。

三、冬季的溫度變化

在冬季，試驗過程中遮蔽率 40% 組最低溫是在 2019/1/23 的 16.6℃，同一時間遮蔽率 0% 組是 15.6℃，兩者相差 1.0℃。顯示冬季浮動型太陽光電養殖遮蔽率 40% 組，在低溫期可以有較高的平均溫度，有冬季提高溫度的趨勢。

四、春季的溫度變化

在春季，季節性的溫度變化明顯，魚群原本停止攝食的狀況也開始進行攝食，下午的溫度升高，遮蔽率 40% 組的溫度變化較低，遮蔽率 0% 組的溫度變化較大，實驗組最低溫為 2019/3/1 早上的 22.0℃，同時對照組溫度為 22.0℃。實驗組最高溫為 2019/5/15 下午的 31.2℃；對照組最高溫為 2019/5/15 下午的 31.8℃。顯示遮蔽率 40% 組與遮蔽率 0% 組浮動型太陽光電設施養殖溫度相差 0.6℃。

40% 遮蔽率對養殖的影響

有學者發現浮動型太陽光電在實驗過程中水溫較低、可降低水的蒸發速率、改善生態系統及提高魚類生長 (Pringle et al., 2017)。一般來說，當池塘的基礎生產量高、產生的能量效益大，魚群可獲得較多的食物來源。但是我們發現，實驗中季節性溫度差異的主要原因與南部午後經常下雨有關，遮蔽率 0% 組的溫度變化大，遇颱風或暴雨

時，光合作用能力與溫度下降，鹽度會因為降雨量而迅速降低，導致養殖池中藻類無法適應，而造成藻類大量死亡。

試驗顯示，本研究遮蔽率 40% 組，在虱目魚飼養存活率有較高的趨勢，在嘉義義竹的研究遮蔽率 40% 組也有相同的現象 (陳等, 2019)，當然這與具有躲避的遮蔽空間有關聯。當遮蔽率 40% 組遇到氣候不好時，池水溫度和藻類濃度瞬間的變化較小，對池中虱目魚所造成的影響較小。浮動型太陽光電結合養殖，使水產養殖產業達到獲利的多元化，光電與養殖產業達到互利雙贏的目標。同時，在浮動型太陽光電養殖虱目魚的水中溫度變化發現一些特殊性，例如：春季一般在早晚的溫差大時，下午 3:00 時水下溫度變化較小，此時其他水質也相對變化較小。其中值得探討的是遮蔽率 40% 組冬季溫度變動範圍較小，冬季攝食的時間因為池水溫度較高，可以多拉長約 2 週時間，魚群在下午有日照時仍有攝食的行為，也就是能保持溫度穩定的優勢。透過實際使用可以顯示，它在設備應用的穩定性及水質的安全操作控制，具有相當程度的成效。另外，有效應用智能監控在提升生產力、降低人力及減少水質變化具有產業發展的差異化。

研究發現，浮動型太陽光電結合虱目魚養殖，在全年的溫度均維持在適當的安全範圍內。另外，因為魚種的特殊性及適應性會有差別，未來將會增加其他水產生物的試驗。本研究中所獲得的相關數據和經驗，可作為未來發展浮動型太陽光電結合養殖的參考，相關成果可以做為光電業者及水產養殖業者，應用在未來產業發展的規劃。