



漁電共生與傳統養殖方式遇到寒流的抗寒效果初探

張秉宏、吳倨賢、黃柏元、蘇瑋揚、葉俊億 / 水產試驗所海水養殖研究中心

前言

所謂寒害 (chilling injury) 亦稱冷害或凍結，係指農漁產受到低溫引起的生理障礙，然而引起寒害的溫度依物種而異。每當有寒流來襲，新聞上總會看到南部養殖的虱目魚大批凍死，造成漁戶損失慘重的消息。因為寒流的因素，可能造成整年度的投入血本無歸。雖然我們經常在不同媒體可以看到，在寒流來臨前會採取許多不同的防範措施，然而不同的養殖區，不同的養殖池形式，甚至不同的養殖物種，操作的方法皆不盡相同，其中近期盛行的漁電共生，也受到許多養殖業者的矚目。然而不變的策略是「維持養殖池的水溫，減緩溫度下降的速度」，能夠有效讓養殖生物安全度過寒流的方法，才是養殖戶真正需要的寒流養殖管理技巧。

目前中央氣象署在預報作業上對寒流採用的定義，是以臺北站觀測到當日的最低氣溫作為天氣系統的認定，當氣溫低於 10°C 以下時，影響之天氣系統視為達到「寒流」等級。在寒流侵襲期間，冷空氣會引起氣溫驟降和地面氣壓上升。臺灣的寒流通常由蒙古高氣壓加強或東移所引起，導致東北風增強，冷空氣急速南下，使氣溫急遽下降。然而，在臺灣的氣候危害，寒流是所有惡劣天氣中影響農漁產範圍最廣的。另外，2016 年霸王寒流曾經重創臺灣養

殖漁業，當時除了重創臺灣西部沿海的養殖漁業之外，也導致澎湖地區大量的魚類被凍死。同時在乾冷的天氣下，寒流引起的低溫，不僅會加劇養殖生物的傷亡，也會對農業造成嚴重的打擊。

寒流對養殖漁業會造成嚴重危害，魚類直接死亡可能是由於低溫引起的，但慢性的低溫緊迫，也可能對魚類的生長和免疫功能造成不良影響 (Song et al., 2019)。冬季緊迫症候群 (winter stress syndrome)，也稱為「冬季疾病」，是指在寒冷季節期間，魚類因為環境溫度的降低，而面臨的一系列生理和行為上的緊迫反應。這種症狀通常發生在溫度驟降或極端寒冷的環境下，影響魚類的生長、免疫力和生存能力。冬季緊迫症候群症狀主要包括：體重減輕、營養不良、游泳活動下降、進食減少、免疫功能下降，以及寒冷對魚類健康狀況的影響 (Lemly, 1996)。這些因素都可能導致魚類免疫力下降，增加患病風險，進而對養殖漁業造成重大損失。水溫的下降會對魚類的生理和行為產生影響。水產生物在不同程度下的急性冷休克，會在溫差較大的情況下導致更高的死亡率 (Michie et al., 2020)。當溫度低於物種的忍耐範圍，氣溫急劇下降時，往往會降低該物種的游泳頻率，並在更嚴重的情況下導致反射功能受損。總結來說，在低溫的衝擊下，例如：鱸魚的幼魚、銀鱸及金目鱸，牠們的游泳

活動和身體衰竭的時間會較短 (Michie et al., 2020)。因此，對寒流造成的影響，養殖者需密切監測，採取適當的預防措施，以減輕寒流對魚類健康和養殖產量的影響。

養殖戶使用越冬溝來避寒，已經有好幾十年的歷史。養殖戶在 11 月至隔年 3 月，為確保小體型的虱目魚能在冬季活存，會將魚養在深度 1.5 – 2 m 的狹窄溝渠，並在迎風面種植防風林 (Chen, 1976)。目前常用的防寒策略是：在魚塭北側增設防風棚或百吉網來降低寒害的發生。在臺灣南部，這些方法確實可以阻止來自北方的冷空氣進入養殖池，達到保溫的效果。然而，部分地區會抽取溫度較高的地下水來保溫，雖然能提高池水溫度，但過度抽取地下水，會提高地層深陷或海水倒灌等災害發生的機率。另外，近期也出現將導熱管設置在養殖池的方式，達到預防寒流的目的。然而，購買這些設備往往需要投入大量資金，加上整年度使用的天數很短暫，若發生機器故障，將導致無法有效維持水溫。因此，維護養殖用機具也是抗寒重要的課題之一。

材料與方法

實驗地點為臺南市七股區的水產試驗所海水養殖研究中心，實驗時間為 2024 年 1 月 23 – 24 日寒流來襲時，分別於這兩日的 11:00、13:30、15:00、16:00，4 個時段對水溫進行監測。試驗分成兩個實驗，每個實驗各有三個處理，且各處理組皆進行二重複。在第一個實驗中，分別對遮蔽率 0%、50%、70% 的浮動型漁電共生虱目魚養殖池，進行溫度的比較 (圖 1、2、3)，其中養殖池的總面積均為 0.6



圖 1 模擬浮動型漁電共生養殖池的對照組，池子上方浮筏的遮蔽率為 0%



圖 2 模擬浮動型漁電共生養殖池，池子上方浮筏的遮蔽率為 50%



圖 3 模擬浮動型漁電共生養殖池，池子上方浮筏的遮蔽率為 70%



公頃，每池 1 分地放養 1,000 尾虱目魚，而模擬太陽能設施的浮筏上方，並無實體光電板。第二個實驗則是針對不同形式的漁電共生模式，分別為堤岸廊道型漁電共生、浮動型漁電共生及無遮蔽的傳統蓄水池，來相互進行溫度的比較（圖 4、5、6）。其中，堤岸廊道型漁電共生養殖虱目魚 3,000 尾，設置有防風網，養殖池的面積則為 0.3 公頃。浮動型漁電共生為實體光電板養殖池及無遮蔽的傳統蓄水池面積均為 1 公頃。試驗期間使用水質綜合儀進行池水檢測，每池選擇三個測點的表層與深層進行量測，其中三個測點中有兩個測點分別為出水口與入水口。



圖 4 堤岸廊道型漁電共生養殖池遮蔽率 30%，池子的北側架設防風棚來阻擋北風

結果

隨著溫度的變化，寒流對浮動型光電之水溫影響如圖 7、8 所示。在浮動型漁電共生不同遮蔽率的組別中，觀測前一日，2024 年 1 月 22 日，當地日間氣溫為 15°C。實驗期間，2024 年 1 月 23 日，當地日間氣溫為 9°C；2024 年 1 月 24 日，氣溫為 10°C，隨著時間逐漸回溫，而水溫則呈現逐漸下降的趨勢。在 23 日上午時，漁電共生遮蔽率 70% 的組別具有最高溫 $16.78 \pm 0.06^\circ\text{C}$ ；此刻遮蔽率 50% 和遮蔽率 0% 的溫度則分別為 $16.31 \pm 0.07^\circ\text{C}$ 和 $15.12 \pm 0.17^\circ\text{C}$ （圖 7）。



圖 5 浮動型漁電共生養殖池，太陽能板遮蔽率為 70%



圖 6 浮動型漁電共生養殖池，無遮蔽的傳統蓄水池遮蔽率為 0%

在實驗過程的日變化中，23 日過後水溫逐漸下降，並在 24 日下午時達到最低，遮蔽率 0% 此時達到最低溫，為 $15.04 \pm 0.07^\circ\text{C}$ ；遮蔽率 50% 和遮蔽率 70% 則分別達到 $15.62 \pm 0.03^\circ\text{C}$ 和 $15.87 \pm 0.11^\circ\text{C}$ 。在不同光電型式的組別，堤岸型漁電共生在 23 日下午時，達最高溫度 $16.84 \pm 0.04^\circ\text{C}$ ；此時浮動型漁電共生和傳統蓄水池溫度則分別為 $14.39 \pm 0.26^\circ\text{C}$ 和 $13.52 \pm 0.08^\circ\text{C}$ 。在 23 日上午時，最低水溫 $12.87 \pm 0.03^\circ\text{C}$ 出現在傳統蓄水池中，此時浮動型漁電共生和堤岸型漁電共生溫度則分別達到 $14.41 \pm 0.03^\circ\text{C}$ 及 $16.80 \pm 0.03^\circ\text{C}$ (圖 8)。

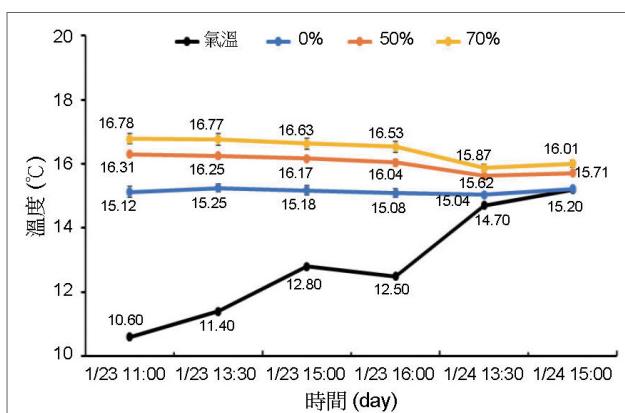


圖 7 模擬浮動型漁電共生設施在遮蔽率 0%、50%、70% 遇到寒流時的水溫變化

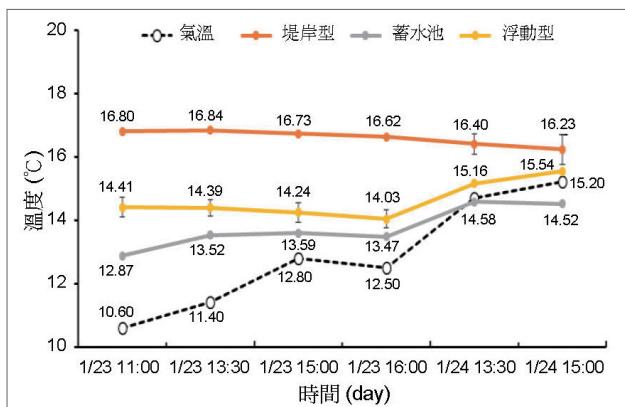


圖 8 不同漁電共生養殖型式與傳統蓄水池的溫度變化

討論

從試驗結果顯示，不同遮蔽率的光電養殖池影響水溫變化。隨著遮蔽率的增加，水溫呈上升的趨勢。這可能是因為較高的遮蔽率會減少水面與冷空氣的接觸，減緩水溫的降低，使其保持在較高值。在浮動型漁電共生養殖池中，氣溫隨著時間逐漸回溫，但隨著遮蔽率的增加，水溫有下降趨勢。這可能是因為較高的遮蔽率，減少陽光的照射面積，降低水池吸收的熱量，導致池水水溫下降 (圖 7)。

在實驗組，水車移至堤岸的東北角，僅開啟 1 台水車，並藉由堤岸防風，減少來自北方冷空氣對水體的影響，從而保持養殖池的溫度，達到保溫效果 (圖 9)。在 23 日上午，傳統蓄水池最低水溫為 $12.87 \pm 0.03^\circ\text{C}$ 。這主要是因為傳統蓄水池上方空曠，並無防寒設施，導致冷風直接與池面接觸，降低池水的溫度 (圖 5)。此時，0% 組的水溫為 15.12°C ，與蓄水池相差 2.25°C ，同時，比 10.6°C 的氣溫高 4.52°C (圖 7、8)。

堤岸廊道型漁電共生池較浮動型漁電共生有較低的遮蔽率，具有較高的平均水溫，這可能與堤岸型漁電共生設有防風網有關，能夠減少季風對水面的降溫影響，使水溫相對的穩定。顯示在魚塭管理方面，可以透過調整水車、養殖池堤岸、調整遮蔽率和漁電共生的型式來調節水溫，藉以提升水產養殖生物在冬季寒流的活存率。尤其是堤岸廊道型漁電共生的防風網設置，在降低溫度變化和穩定的水質的方面，當未來虱目魚養殖面臨寒流威脅時具有優勢。

觀察寒流來襲時對養殖生物的影響，可從三個問題作探討，分別為溫度、時間及濕度。(1)



溫度：是指養殖池受到溫度影響，隨著寒流溫度的下降，寒害程度也相應增加，一般為 13°C 以下，冰點以上。而水產養殖的虱目魚當水溫達到 12°C，就會產生巨大的影響。(2) 時間：是指養殖池受寒流影響的時間越長，對水產生物的影響就愈嚴重。在短時間的低溫對養殖生物影響不大，但是寒流持續時間越長，對生物的影響範圍也越廣。(3) 濕度：雖然較少被討論，但當寒流來臨時，高濕度對養殖業影響較小，若是濕度低，則容易引起較嚴重寒害。雖然這方面的研究主要集中在農作物上，但對水產生物也有相似的影響。不同遮蔽率的漁電共生養殖池對水溫有著顯著的影響，進而影響了養殖生物的活存率。總合來說，寒流引起的極端低溫對養殖生物造成了嚴重的損害。

為了應對這一挑戰，研究人員已進行許多相關的研究，包括利用基因轉殖技術提高魚類的抗寒能力、調整飼料成分以維持細胞膜的功能及研究魚類在面對環境緊迫時的應變機制。但是，上述這些方法不適合在養殖現場使用，面對未來養殖產業的變化，漁電共生、氣候變遷、全球暖化及不同型態的養殖條件造成養殖管理不易，本研究有望提高養殖魚類對溫度變化的適應能力，減少寒流對養殖業帶來的不利影響，保障養殖業的穩定發展，也提供養殖戶具體的參考依據。

結語

- 一、寒流來臨前可採取相應的防範措施，例如：加強養殖池的保溫設施，適時調整養殖的管理策略。
- 二、定期及密切的監測水質，保持適當的水質環境，有助於減輕寒流對養殖生物的影響。

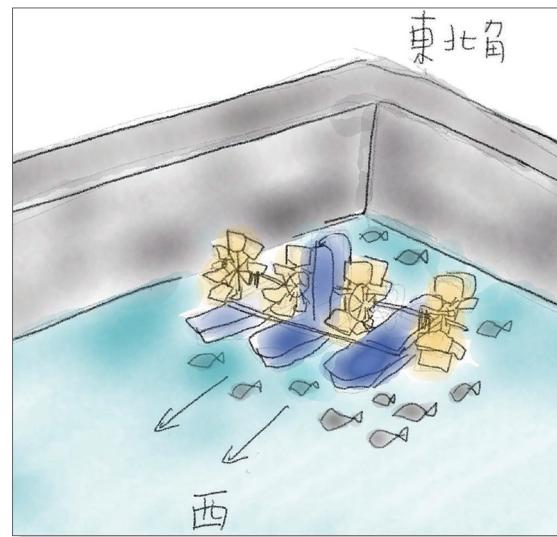


圖 9 實驗的 0% 處理組，將水車移至堤岸邊的東北角，僅開 1 台水車藉由北面堤岸防風，可以減少將來自北方冷空氣的寒風打入水，保持魚塭的溫度，達到保溫的效果，在最低溫時的測量是 15.12°C，比氣溫 10.6°C 高 4.52°C (趙鑑涵 繪)

三、選擇適當的養殖池防寒方法，例如：增設防風棚、防風網及準備防寒設備，有助於減少寒流對水溫的影響，提供較穩定的養殖環境。

四、漁電共生也可以做為新型的防寒策略，例如：堤岸型漁電共生及立柱型漁電共生加裝防風棚，設置於養殖池北岸。

五、掌控好飼養週期：在適當的時間放苗，避開冬季養殖，在寒流來襲前提早收成，降低風險及時止損。

寒流對水產養殖業的影響深遠，特別是水溫的變化。養殖業者需密切關注溫濕度的變化，進而制訂相應的池塘管理應對策略。除了調整養殖池的設計與運營方式外，尋求新技術提高養殖生物的抗寒能力至關重要。透過持續學習和技術創新，克服寒流等極端氣候的挑戰，實現養殖業的穩健發展，確保水產養殖生產的穩定性及可持續性。