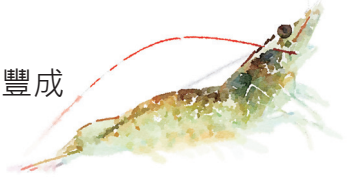


白蝦設施化養殖技術開發

葉怡均、楊明樺、鄭博仁、周瑞良、李彥宏、余淑楓、吳豐成
水產試驗所東港生技研究中心



前言

白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 為世界養殖蝦類的主要蝦種，具生長快速、蛋白質需求低、換肉率高、養殖密度高、對鹽度及溫度耐受性高、抗病性強、繁殖與馴養容易、蝦苗育成率高等優點 (Flegel, 2003)。我國的白蝦養殖產業自 1998 年後才逐具規模，並於 2001 年取代草蝦成為主要養殖蝦種，2020 年白蝦養殖產量為 8,096 公噸，產值達 15 億元 (漁業統計年報, 2020)，目前國內白蝦養殖主要以混養為主流，即以虱目魚或鱸魚為主，白蝦為輔的魚蝦混養型態，此種養殖模式較不重視白蝦種苗品質，容易感染病原，導致白蝦收成育成率大幅降低甚至不到一成。

近年來極端天氣頻繁，養殖生物受到外在環境 (如高溫、低溫、強降雨等) 影響，造成生理緊迫，易爆發疾病死亡，目前國內白蝦生產量不足供應所需，2020 年國內白蝦進口量達 32,280 公噸 (漁業統計年報, 2020)，國內生產量僅達需求量 25%，因此需提高白蝦養殖收穫產量以補足生產不足之缺口。為因應氣候變遷，目前政府正積極推廣綠能養殖，屋頂型的太陽光電結合設施養殖的共構模式是發展契機，不僅可提升單一土地面積生產價值，降低外界環境對養殖生物的影響，並能保持生物安全和具防疫優勢，且高密度養殖條件較能穩定生產，提升養殖

經濟效益。白蝦利用設施化養殖可提升生物安全防疫，並減緩極端天氣之影響，有助於提高養殖收穫產量，惟考量白蝦在設施養殖下可能遭遇潔淨用水不足、體色偏白等問題，建立設施化養殖技術模組可供養殖業者進行養殖光電投資前之評估參考，以促進白蝦設施養殖漁電共生產業健全發展。

材料方法

一、SPF 蝦苗培育、中間育成

本中心白蝦繁養殖過程中，每月定期以 qPCR 技術檢測病原，其種類乃參照動植物防疫檢疫局「活甲殼類及軟體動物輸入檢疫條件」規定，分別檢測 EHP、EMS、IHHNV、WSSV、DIV1、NHP、TSV、IMNV、YHV 等 9 項白蝦疾病病原，養殖過程落實蝦苗品質管理及生物安全防疫，以降低疾病感染之風險，確保其無特定病原 (SPF) 狀態。

二、模擬光電設施養殖試驗

使用本中心既有設施架設遮陰網模擬光電設施，光照度為 20–30%，以屋棚內 2 口 50 m² (61 噸) 水泥圓池 (池子代號 B1 及 B2) 進行白蝦設施養殖試驗，採生物絮凝 (biofloc) 方式進行養殖，少量換水，依照水質數據適當添加糖蜜 (購自和順企業) 來降低水中氨氮濃度，養殖期間若鹼度降至 100 mg CaCO₃/L 以下，則添加碳酸氫鈉 (小蘇打)

提高鹼度，總懸浮物過多，則以沉澱過濾桶將過多的絮凝物沉澱移除；對照組為室外 2 口 75 m² (69 噸) 水泥圓池 (池子代號 C1 及 C2)，採開放式流水式養殖。本試驗每池放養 15,000 尾白蝦苗，平均體重為 0.038 g，考量光電設施需投入較高成本，室內組放養密度為 300 尾/m²，室外組密度為 200 尾/m²，自 2021 年 5 月 27 日開始放苗，2021 年 10 月 8 日收成，養殖天數共計 19 週。

三、水質參數紀錄

養殖期間每週量測溫度、鹽度、溶氧、pH、總氨氮、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮、總懸浮固體濃度及總鹼度等各項水質數據。

四、養殖成效指標

每日記錄飼料投餵量，每週量測白蝦體重，並依每週成長率調整投餵量，最初投餵量為蝦體重 30%，而後每週依其成長情形調整投餵量，當實驗組白蝦體重成長均重達 20 g/尾時，全數收成，分別計算各組白蝦的收成均重 (g)、成長率 (g/day)、活存率 (%)、產量 (kg/m²) 及 FCR，做為養殖成效指標。

結果與討論

在屋棚設施下架設遮陰網模擬光電設施進行白蝦養殖試驗，養殖期間共 19 週，每週定期監測水質，室內組採生物絮凝方式養殖，少量換水每天換水量為 5—6%，室外組採流水式養殖，每天換水量為 30—31%。養殖期間，室內溫度為 28—31°C，室外為 28—34°C，室內組溫度相對較室外組溫度穩定，且在養殖後期 (第 19 週) 室外組溫度較低，室內組相對具有保溫的效果 (圖 1)；室

內組鹽度為 22—28 psu，室外組為 12.8—25.6 psu，室外組容易受到連續降雨影響，鹽度變化較大，室內組鹽度相對較穩定 (圖 2)；養殖期間室內組溶氧為 4—7 ppm，室外組為 4—10 ppm，皆在合理範圍 (圖 3)。

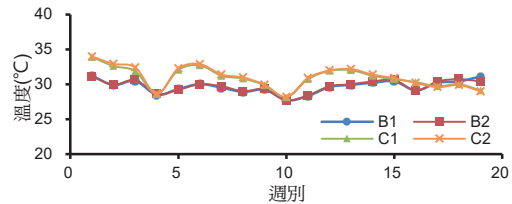


圖 1 白蝦養殖期間溫度變化情形

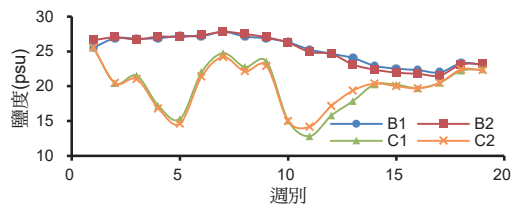


圖 2 白蝦養殖期間鹽度變化情形

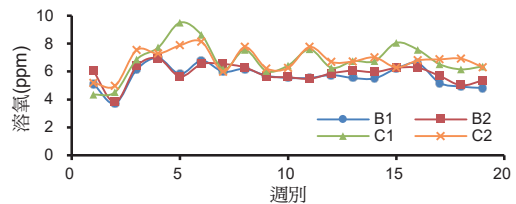


圖 3 白蝦養殖期間溶氧變化情形

養殖初期室內組及室外組總氨氮濃度皆偏高，主要是硝化系統尚未建立導致 (圖 4)，室內組在第 2、3 週開始添加有機碳，總氨氮濃度從 4.2 ± 0.5 mg/L (第 2 週) 降至 0.2 ± 0.0 mg/L (第 4 週)，亞硝酸鹽氮濃度 (圖 5) 從 3.7 ± 0.6 mg/L (第 3 週) 降至 0.5 ± 0.1 mg/L (第 8 週)，而養殖期間硝酸鹽氮濃度 (圖 6) 皆偏高，介於 45.0 ± 63.6 mg/L (第 3 週) 至 173.5 ± 0.7 mg/L (第 15 週)，此結果顯示藉由添加糖蜜，提高水中碳/氮比例，可利用異營細菌降低水中無機氮化合物，另外，當養殖系統硝化系統建立，水體中氨氮藉由

亞硝化細菌 (nitrosomonas) 轉換成亞硝酸鹽氮，再藉由硝化細菌 (nitrobacter) 轉換成硝酸鹽氮，加上少量換水，導致室內組養殖後期硝酸鹽氮偏高；而室外池養殖期間以大量換水來維持水質，較缺乏微生物硝化作用，其總氮濃度及亞硝酸鹽氮含量較高，亞硝酸鹽氮在第 5 週明顯增加，高達 4 mg/L，直至養殖後期皆無降低趨勢。室內組添加糖蜜後總氮濃度及亞硝酸鹽氮濃度皆較室外組低而硝酸鹽氮濃度較室外組高，但第 15 週室內組因總懸浮物固體 (圖 7) 太高，開始實施

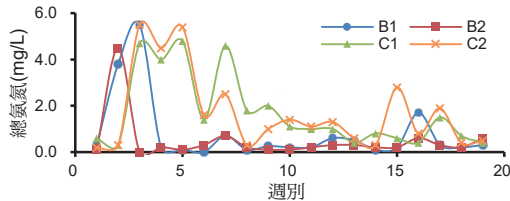


圖 4 白蝦養殖期間總氮濃度變化情形

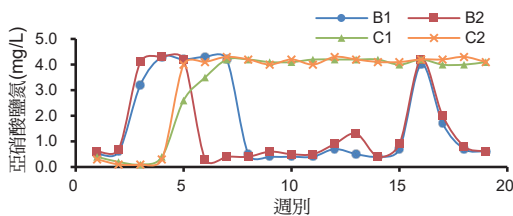


圖 5 白蝦養殖期間亞硝酸鹽氮濃度變化情形

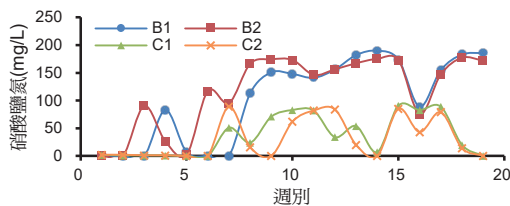


圖 6 白蝦養殖期間硝酸鹽氮濃度變化情形

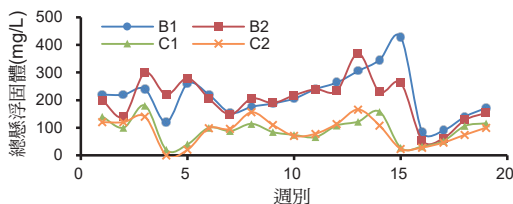


圖 7 白蝦養殖期間總懸浮固體濃度變化情形

沉澱循環系統，總懸浮固體從 345.0 ± 117.4 mg/L (第 15 週) 降至 69.0 ± 21.2 mg/L (第 16 週)，同時間點室內組總氮濃度 0.2 ± 0.0 mg/L 升高至 1.2 ± 0.8 mg/L，亞硝酸鹽氮濃度從 0.8 ± 0.1 mg/L 升高至 4.1 ± 0.1 mg/L，硝酸鹽氮濃度從 173.5 ± 0.7 mg/L 降至 82.0 ± 9.9 mg/L，水體中懸浮固體移除相對也將附著在懸浮顆粒表面上的硝化細菌及異營性細菌移除並停止作用，加上養殖期間仍然持續投餌，導致養殖水體中的含氮物質增加，未來進行沉澱循環養殖時應降低一天週轉率，避免移除過多懸浮固體。

自營性細菌及異營性細菌作用時皆會消耗養殖水體中的鹼度，總鹼度是指水中能提供碳酸緩衝力的所有鹼類的濃度，主要是重碳酸鹽 (HCO_3^-)、碳酸鹽 (CO_3^{2-}) 和氫氧化物 (OH^-)，以等量碳酸鈣每公升含量 mg CaCO_3/L 表示，一般天然海水平均約 110 mg/L，白蝦適合生長之總鹼度為 100–200 mg/L，最適生長 pH 為 7.5–8.5。室內組因換水量少、成長及養殖初期糖蜜的添加，導致第 7 週總鹼度降至 37.0 ± 4.2 mg CaCO_3/L ，pH 降至 6.8 ± 0.0 ，開始添加小蘇打調整養殖水體中的總鹼度，隨著小蘇打添加，總鹼度有增加趨勢，第 16 週總鹼度達最高 136.5 ± 0.7 mg CaCO_3/L ，pH 為 7.5 ± 0.0 (圖 8、9)，小蘇打添加量參考 Thomas and Dennis (2015) 及 Boyd (2016) 所報導的每添加 1.4–1.7 ppm 碳酸氫鈉可提升 1 ppm 總鹼度，配合每週水質參數調整添加量，原則上以少量多次添加，以緩和水質變化。白蝦在設施下以生物絮凝方式養殖 19 週，室內組僅少量換水及添加有機碳和碳酸氫鈉即可讓養殖期間水質維

持穩定，為維持水質之添加物成本估算如表 1，而室外組採大量換水來維持水質，但養殖水體中的含氮物質較高。

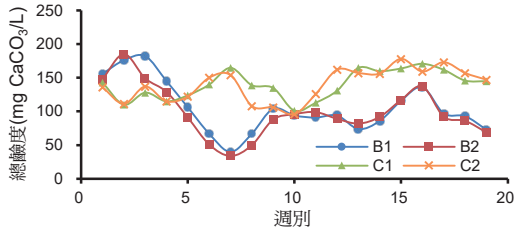


圖 8 白蝦養殖期間總鹼度濃度變化情形

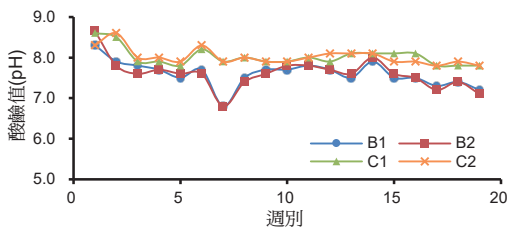


圖 9 白蝦養殖期間 pH 變化情形

表 1 白蝦養殖期間維持水質之添加物成本估算

	室內組		室外組	
	B1	B2	C1	C2
糖蜜 (kg)	202	141	0	0
小蘇打 (kg)	1,371	1,358	0	0
海水 (ton)	258	268	1,248	1,036
估算成本 (元)	1,831	1,767	1,248	1,036

白蝦成長部分，養殖初期室內溫度比室外溫度低，導致室內組初期成長較慢，室內組及室外組的白蝦在試驗結束時的均重 (20.9 ± 0.8 g vs. 21.6 ± 2.1 g) (圖 10) 及成長率 (0.2 ± 0.0 g/day vs. 0.2 ± 0.0 g/day) 差異不大；活存率部分，室內組 ($76.7 \pm 9.2\%$) 低於室外組 ($82.9 \pm 7.1\%$)，但無顯著差異；FCR 部分，室內組 (2.1 ± 0.2) 高於室外組 (1.8 ± 0.0)，推測因室內組放養密度較高，容易造成蝦類緊迫及基礎代謝能高所導致；產量部分，養殖初期室內組放養密度高於室外組 1.5 倍，室內組以高密度低換水進行養殖，相較

室外組飼養條件較嚴苛，其收穫產量 (4.8 ± 0.4 kg/m²) 相較室外池 (3.6 ± 0.0 kg/m²) 高出 1.3 倍 (表 2)，顯示本試驗在設施下以高密度養殖白蝦，透過生物絮凝養殖技術可以有效降低水中含氮物質及維持 pH 穩定，達到水質淨化，穩定提升白蝦養殖育成率。

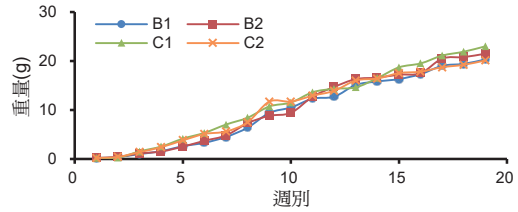


圖 10 白蝦養殖期間成長情形

表 2 白蝦養殖期間成長表現情形

參數	室內組(B1 & B2)	室外組(C1 & C2)
初重 (mg)	38.0 ± 0.0	38.0 ± 0.0
收成均重 (g)	20.9 ± 0.8	21.6 ± 2.1
成長率 (g/day)	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
活存率 (%)	76.7 ± 9.2	82.9 ± 7.1
產量 (kg/m ²)	4.8 ± 0.4	3.6 ± 0.0
FCR	2.1 ± 0.2	1.8 ± 0.0

結語

面對全球暖化議題，設施養殖結合屋頂型太陽能光電是未來養殖發展趨勢，業者投資高昂成本前提下，須高密度養殖才符合經濟效益，本試驗在設施下以生物絮凝技術高密度養殖白蝦，可以有效降低水中含氮物質，使養殖水體有效循環淨化再利用，達到節省水資源之目的，同時可減少大量換水將病原引入之風險，達到防疫之效果，這項技術未來可廣泛應用在西半部光電養殖產業，養殖過程中僅添加低廉成本糖蜜及小蘇打即可維持水質穩定，穩定提升養殖收穫產量，有效促進白蝦養殖經濟效益。