

壹、重要研究成果

一、海洋魚類資源調查評估與管理之研究

氣候變遷下臺灣周邊海域漁場環境變動之研究

嚴國維、曾秀茹、黃仕豪、邱詠傑、黃謙、潘佳怡、林翰揚、張芸甄
海洋漁業組

氣候變遷已確立為全球漁場變動的重要驅動因子，其影響不僅導致海洋生態變化，更直接加劇漁業資源的變動與不確定性風險。面對此一嚴峻挑戰，本所深知長期且系統性的調查，是支援漁業永續發展及制定氣候調適策略的基石。本 (114) 年度作為 4 年期計畫「氣候變遷下臺灣周邊海域漁場環境變動之研究」的開端，延續自 2003 年啟動的 TaiCOFI (Taiwan Cooperative Ocean Fisheries Investigation) 監測網絡，針對全臺 62 個定點測站進行水文與生物數據蒐集，並特別聚焦於對環境變動極為敏感、且為未來漁業資源補充關鍵的「仔稚魚」群聚。

除了監測任務外，本計畫也鎖定生物量豐富的臺灣西南部陸棚海域，整合 2007 – 2023 年的長序列資料，旨在釐清仔稚魚群落結構的長期變動趨勢。傳統研究多聚焦於海面水溫 (SST) 對漁場的影響，但本計畫透過多變量統計分析發現，臺灣西南海域仔稚魚群落的變動，實際上更高度依賴於 50 – 150 m 水層的次表層水文結構，如深層水溫、鹽度以及營養鹽。分析結果證實，強降雨事件會對該海域造成立即性的「棲地篩選壓力」，淡水的注入引發該海域的鹽度梯度劇變，以及伴隨而來的物理擾動（如泥沙懸浮），迫使該海域非廣鹽性的海洋物種因滲透壓迫或微棲地破壞而發生遷移或死亡，導致群落結構在短期發生顯著重組。

針對極端降雨事件對仔稚魚群落結構之衝擊進行分析，主坐標分析 (principal coordinates analysis, PCoA) 結果顯示強降雨對群落具有顯著的效應：相較於無事件對照組 (No-Event)，受強降雨影響組 (post-rain) 之群落結構呈現極顯著差異 ($p = 0.001$) (圖 1)；進一步透過距離基質冗餘分析 (distance-based redundancy analysis, dbRDA)

也發現，有效累積雨量與降雨強度兩項關鍵物理特徵，皆為驅動群落變異的顯著因子 ($p = 0.001$) (圖 2)。

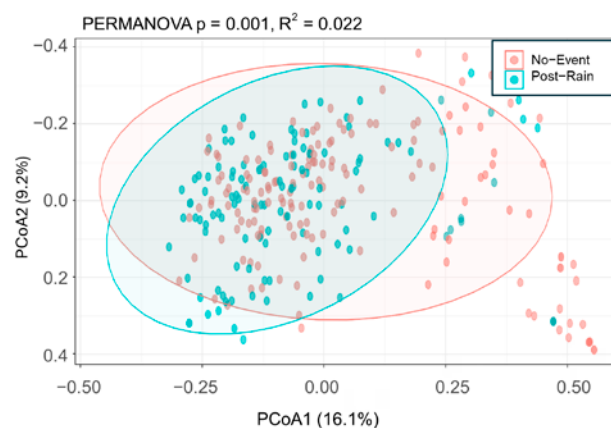


圖 1 強降雨對仔稚魚群落結構影響之主坐標分析圖

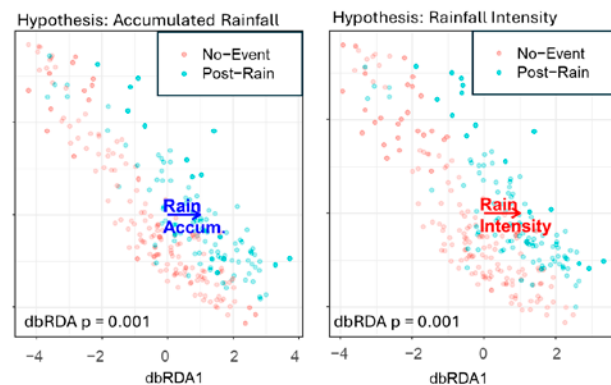


圖 2 有效累積雨量 (左) 與降雨強度 (右) 對仔稚魚群落結構影響之距離基質冗餘分析結果

綜上所述，本年度應用長序列資料及統計分析方法證實，極端降雨事件所引發的次表層水文劇變，對臺灣西南海域的仔稚魚群落造成了強烈的棲地篩選壓力。統計結果也顯示，累積雨量與降雨強度為驅動群落結構在短期內發生顯著重組的關鍵物理特徵。

陳均龍、蔡孟昌、葉欣柔
海洋漁業組

物種組成分析進一步指出，西岸漁場高度依賴日本竹筴魚 (*Trachurus japonicas*)、藍圓鰹 (*Decapterus maruadsi*) 等少數小型洄游魚類，易因年度環境變動出現產量與收益的大幅波動；東部與東北部漁場則以多種鯖鯉類與鬼頭刀等中上層

綜合而言，本研究指出臺灣定置漁業在不同海域面臨不同的資源、價格與氣候風險結構。建議未來應強化分析海洋環境與關鍵魚種之關係，並研議風險管理機制，以提升我國定置漁業之整體產業韌性。

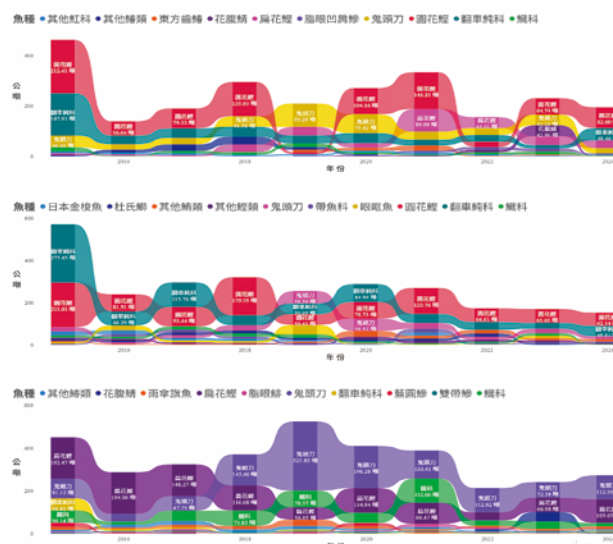


圖 2 各漁場主要漁獲物種變化趨勢圖

臺灣北部海域蟬蟹漁業與氣候變遷之研究

莊世昌、金建邦、陳均龍、葉欣柔
海洋漁業組

本研究探討臺灣北部海域蟹籠漁場的海洋環境因子與蟬蟹漁獲量之關聯，分析本所之樣本船資料與國家海洋研究院之漁場環境資料，結果顯示 2016 – 2023 年間北部蟹籠漁場之海面水溫 (SST) 最低為 14.8°C、最高為 31.2°C、平均為 25.7°C，年平均 25.1 – 27.1°C；海面鹽度 (SSS) 的變動區間很小，最低為 33.0 psu、最高為 34.6 psu、平均為 34.1 psu，年平均維持在 34.0 – 34.1 psu；混合層深度 (MLD) 最低為 0.8 m、最高為 85.9 m、平均為 57.7 m，年平均 54.4 – 62.0 m；海水底層溫度 (SBT) 最低為 14.5°C、最高為 30.8°C、平均為 23.5°C。由於作業漁場的水深約為 30 – 70 m，混合層深度可涵蓋作業水深，海水表面溫度與海水底層溫度變動具顯著相關性 (表 1)。

北部蟹籠漁業最主要漁獲物為鏽斑蟬 (*Charybdis feriatius*) 及紅星梭子蟹 (*Portunus sanguinolentus*)，分別佔總漁獲重量的 50.35% 與 42.11%，其他漁獲種類包括章魚、善泳蟬 (*C. natator*) 等，共僅佔總漁獲量的 7.54%。因此本研究以鏽斑蟬及紅星梭子蟹進行後續分析。鏽斑蟬及紅星梭子蟹的單位努力漁獲量 (CPUE) 年平均變動趨勢平穩，鏽斑蟬年平均 CPUE 以 2022 年的 68.55 kg/1000 cages 為最低，2017 年的 129.21 kg/1000 cages 為最高；紅星梭子蟹的年平均 CPUE 則以 2020 年的 62.58 kg/1000 cages 為最低，最高 CPUE 為 2023 年的 110.96 kg/1000 cages (圖 1)。

以廣義加乘模式 (GAM) 分析，海水表面鹽度、混合層深度、經度與緯度等因子對鏽斑蟬 (圖 2) 與紅星梭子蟹 (圖 3) 之 CPUE 變動皆有顯著貢獻。其中，鏽斑蟬偏好之表水溫為 22.0 – 30.5°C，在北緯 26 度以上 CPUE 較高；紅星梭子蟹偏好之表水溫為 15.2 – 27.2°C，在北緯 24 及 26 度 CPUE 較高。

表 1 北部蟹籠漁場之海洋環境因子

海水表面	SST (°C)	SSS (psu)	SSU (m/s)	SSV (m/s)	SSH (m)	MLD (m)
最低	14.82	33.03	-1.40	-1.41	-0.01	0.77
平均	25.74	34.07	-0.10	0.04	0.25	57.72
最高	31.20	34.62	1.63	1.70	0.60	85.89
海水底層	SBT (°C)	SBS (psu)	SBU (m/s)	SBV (m/s)		
最低	14.48	33.00	-0.28	-0.31		
平均	23.54	34.15	0.07	-0.10		
最高	30.75	34.76	0.49	1.64		

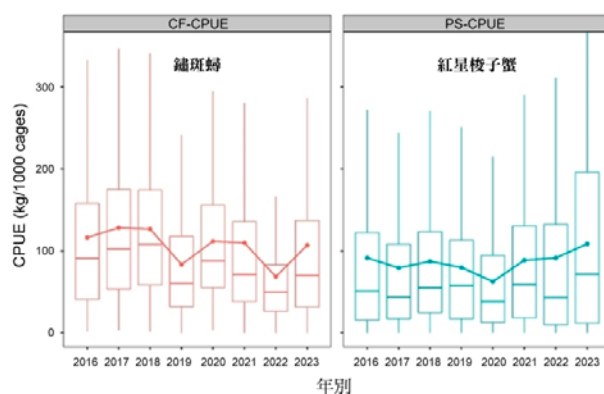


圖 1 鏽斑蟬與紅星梭子蟹 CPUE 之年度變動

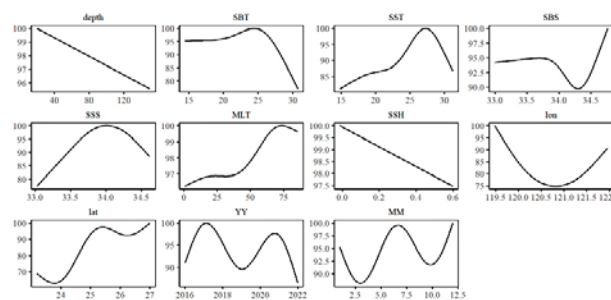


圖 2 海洋環境與鏽斑蟬 CPUE 之關係

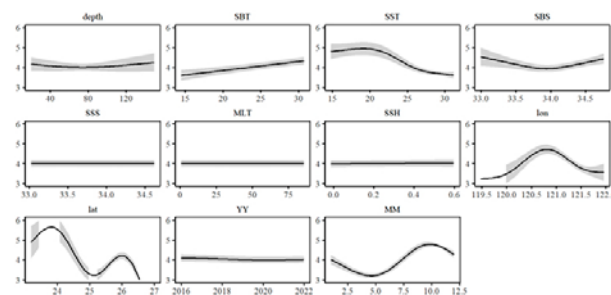


圖 3 海洋環境與紅星梭子蟹 CPUE 之關係

臺灣宜蘭灣海域底拖網漁業網目選擇性試驗

柯慧玲、林翰揚、嚴國維、李茂熒、陳人裕、張可揚
海洋漁業組

拖網漁業為臺灣近海重要漁業，漁獲種類繁多，然而捕撈過程常伴隨不同程度的混獲；幼魚與非目標物種的混獲不僅降低資源永續性，也增加漁業管理的難度。為釐清囊網網目尺寸對漁獲組成與非目標物種與幼魚逃逸行為之影響，本研究以宜蘭灣底拖網漁業為對象進行網目選擇性試驗，評估在維持漁民作業效益前提下，提升非目標物種與幼魚逃逸機會之可行性；並以水下影像佐證漁獲於囊網內之活動狀態與逃逸能力，作為後續漁具改良與管理規範研擬之科學依據。

2025年5、6、7及10月在宜蘭灣北側測站(A)與南側測站(B)進行調查作業。採雙層囊網設計，內網網目4 cm、外覆網2 cm，共完成16網次作業(圖1)。為觀察漁獲於網內之活動與逃逸行為，於內外網間加裝設GoPro水下攝影與光源，記錄漁獲在囊網內之行為。採集漁獲帶回實驗室進行物種鑑定與體長量測，並估算逃逸率。

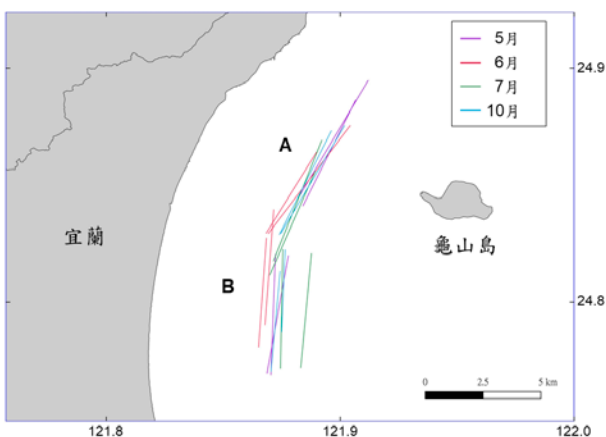


圖1 網目選擇性試驗各航次作業位置與航跡圖

結果顯示，本實驗各網次逃逸率為7.8—49.5%，平均逃逸率為22.1%(圖2)。總漁獲量為1,106 kg，共記錄漁獲物種117種，合計漁獲量前6名物種佔總體81.4%，依序為長角鬥士赤蝦(368.7 kg，逃逸率19.1%)、七星底燈魚(252.2

kg，逃逸率59.2%)、日本發光鯛(112.4 kg，逃逸率38.5%)、日本帶魚(62.5 kg，逃逸率11.1%)、多鈎鈎腕魷(58.7 kg，逃逸率19.4%)及灰海鰻(45.7 kg，逃逸率32.2%)(圖3)。整體而言，體型細長或偏小之物種較易穿越4 cm網目逃逸；相對地，多數主要經濟物種仍能留於內網，顯示在提升部分非目標物種與幼魚逃逸空間的同時，仍可維持一定程度的留網效益。水下影像亦顯示，多數進入囊網之魚、蝦及頭足類仍具明顯活動力，提供漁獲「非立即死亡」且「仍具逃逸能力」之直接佐證(圖4)。上述成果可作為後續推動拖網漁具選擇性改良、混獲減量與網目管理措施之重要參考。

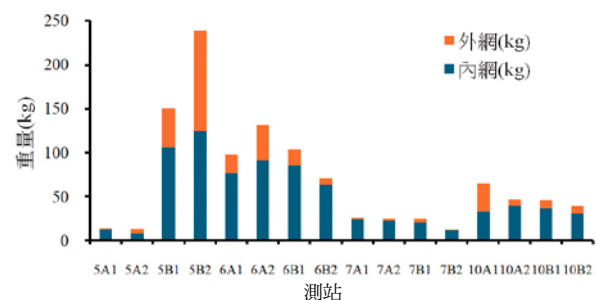


圖2 網目選擇性試驗內外網重量與逃逸比例

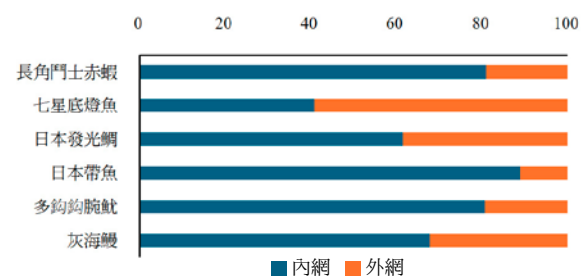


圖3 漁獲量前6名物種內外網漁獲百分比



圖4 囊網內生物之水下影像

臺灣周邊海域馬加鰭屬魚類漁況及棲地變動之研究

陳律祺、張可揚
海洋漁業組

馬加鰭屬 (*Scomberomorus* spp.) 魚類為表層洄游性物種，是臺灣周邊海域重要之漁獲對象之一，而較為常見之物種計有康氏馬加鰭 (*S. commerson*)、中華馬加鰭 (*S. sinensis*)、日本馬加鰭 (*S. niphonius*)、臺灣馬加鰭 (*S. guttatus*) 及高麗馬加鰭 (*S. koreanus*) 等 5 種。由漁業統計年報資料顯示，近年來馬加鰭屬魚類產量都呈現下滑之趨勢，總產值平均每年可貢獻新臺幣 5.7 億元左右。

為因應馬加鰭屬魚類漁產量未來可能持續處於低水準之狀況，因此亟需有相關之研究調查資料供漁政主管機關參考，利用科學化之管理措施嘗試減緩或避免對漁民朋友生計產生重大影響。據此，本研究透過解析標本船漁撈日誌及航程紀錄資料搭配港口查報之資料，調查臺灣周邊海域馬加鰭屬魚類的漁獲現況，並應用不同環境參數之適宜度指數構建其適宜棲地之經驗模型。

本研究分析 2015 – 2024 年漁獲馬加鰭屬魚類港口查報資料及航程紀錄器資料，藉以取得更為全面之馬加鰭屬魚類漁業活動狀況，並透過分析漁業資料與海洋環境參數之關係，解明康氏馬加鰭棲地變動之情形。

研究期間，總計紀錄漁獲馬加鰭屬魚類共 2,522 公噸，以康氏馬加鰭之漁獲量最高，佔總漁獲量 78.36%，其次依序為日本馬加鰭、臺灣馬加鰭、高麗馬加鰭及中華馬加鰭 (圖 1)。進一步分析不同漁法別漁獲馬加鰭屬魚類之情況，結果發現，漁獲不同馬加鰭屬魚類之漁法組成不盡相同，漁獲康氏馬加鰭之主要漁法為刺網漁業；漁獲日本、臺灣及高麗馬加鰭之主要漁法皆為拖網漁業；而漁獲中華馬加鰭之主要漁法則為一支釣漁業 (圖 2)。

以算術平均法整合各環境參數之適宜度指數，建構康氏馬加鰭最適棲地模式。由最適棲地月別變動圖可以發現 (圖 3)，康氏馬加鰭最適棲

地月別變動特性呈現季節性變化，冬季至春季潛在棲地主要出現臺灣西南海域，春季末開始潛在棲地逐漸向北移，夏季適合區域縮小並偏東北，到秋季後再逐漸回到西南海域。

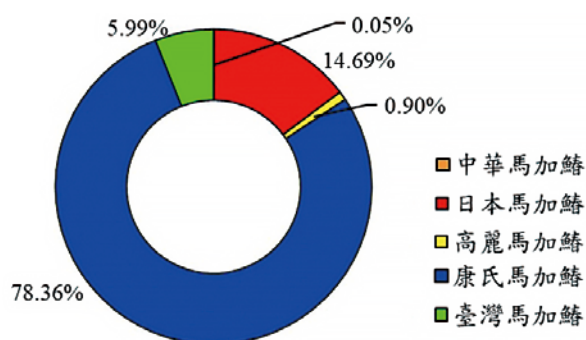


圖 1 臺灣周邊海域馬加鰭屬魚類漁獲量組成

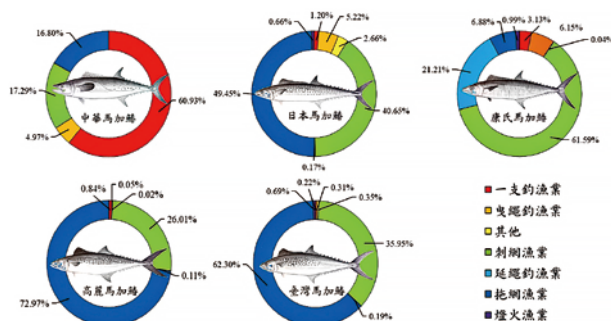


圖 2 漁獲馬加鰭屬魚類之漁法組成 (圖片來源:魚類資料庫)

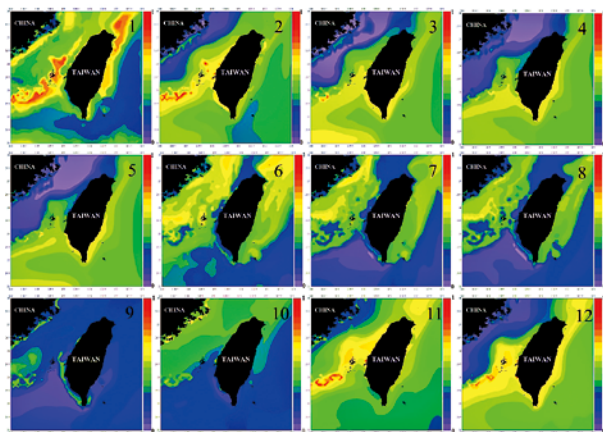


圖 3 臺灣周邊海域康氏馬加鰭月別最適棲地變動圖 (紅色代表棲地極適合；紫色代表棲地極不適合)

以非漁業依賴方式調查宜蘭灣鯖魚現存量

荏家績¹、黃鼎傑¹、周爰瑱²、嚴國維¹、林翰揚¹、黃仕豪¹、陳彥賓¹

¹海洋漁業組、²東部漁業生物研究中心

本研究採非漁業依賴 (fishery-independent) 方式，調查宜蘭灣鯖魚之產卵期資源現況。

第 1 航次調查時間為 2025 年的 3/23 – 3/27，科學魚探顯示龜山島周圍及宜蘭灣南方鯖魚豐度略高於宜蘭灣東北方之豐度；單體標物反射強度 (target strength, TS) 分析顯示尚無明顯分布趨勢，聲學評估該海域之鯖魚現存量約 23,061 公噸。

第 2 航次調查時間為 4/29 – 5/1，豐度空間分布比前次明顯有北移趨勢；TS 分析亦顯示較多單體分布於宜蘭灣北方，聲學評估鯖魚現存量約 28,254 公噸。

參考文獻形容的形態特徵，將採集之魚卵劃分為 I、II、III 三個發育階段 (stage)，當魚卵的形態特徵介於 II 及 III 階段之間而無法明確認定是否即將孵化時，則以 Stage II/III 表示。本 (2025) 年度並無採得 Stage III 即將孵化之鯖魚

卵。第 1 航次花腹鯖 (*Scomber australasicus*) 魚卵出現於第 1, 6, 9, 10, 13, 24 等測站，其中以第 6 測站為魚卵分布熱點，計有 740 顆 Stage I 魚卵及 94 顆 Stage II 魚卵，合計 834 顆，以濾水量換算後為 $11,605 (\text{ind.} \times 10^{-3} \text{ m}^{-3})$ (圖 1)；Stage II 及 Stage II/III 期之魚卵僅出現在第 6 測站及相對於該測站下游海域之第 1 測站，研判係受到黑潮平流 (advection) 影響，而形成由上游至下游 (產卵地至漂移區域) 之時間—空間發育梯度；第 2 航次魚卵數量稀少。

使用反向時間拉格朗日模型 (Backward-in-time Lagrangian model) 粒子追蹤技術 (particle traceability)，針對 3/23 第 6 測站 740 顆花腹鯖 Stage I 魚卵，模擬 12 小時漂流前之真實產卵場，結果顯示魚卵自採樣點移往西南方 4.3 浬，回溯產卵場位於 24.83°N 、 122.11°E ，距岸 12 浬內 (圖 2)。

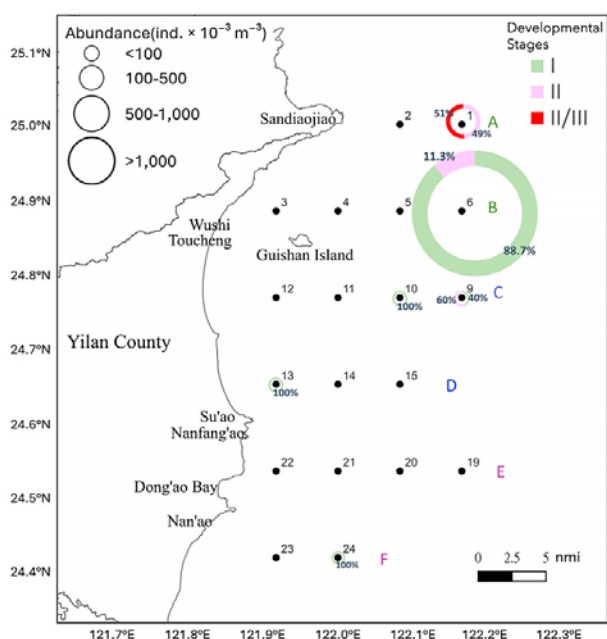


圖 1 2025 年 3/23-3/27 花腹鯖魚卵之空間分布

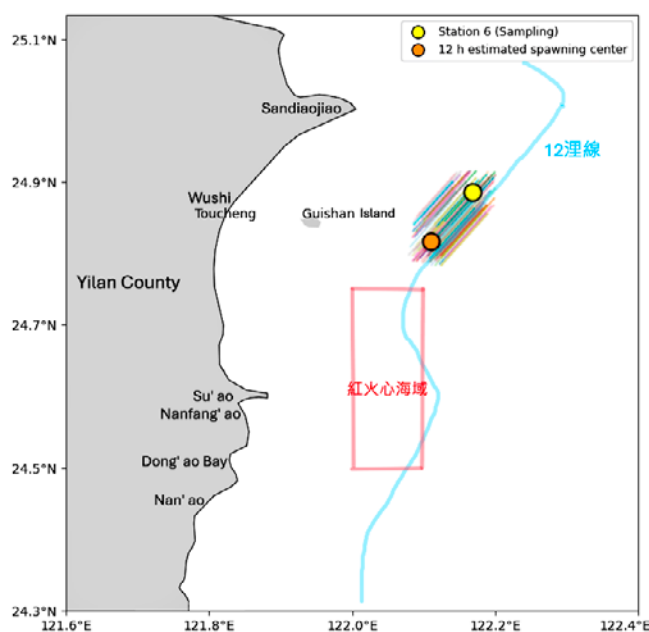


圖 2 2025 年 3/23 花腹鯖魚卵之產卵場回溯

牡蠣產地鑑別技術之研發(III)

蕭聖代¹、張晏瑋²、林以芯¹、陳文君²、葉駿達²、張曜鵬²

¹海洋漁業組、²水產加工組

面對臺灣積極準備加入跨太平洋夥伴全面進步協定 (CPTPP)，自由貿易協定勢必加劇本土產業之競爭壓力。政府近年推動「產地地銷」與產地地區隔策略，以維護國產牡蠣之市場價值，而建立具科學依據之產地鑑別技術遂成為重要配套措施。農業部水產試驗所自 2022 年起建置穩定同位素與多重元素指紋圖譜資料庫，截至 2024 年已累積近 3,000 筆資料，多重元素分析之產地判別正確率可達 97%。近年隨分子生物技術發展，本研究嘗試進一步導入 SNP 分子標記分析，透過 RAD-seq 資料顯示臺灣與中國沿岸葡萄牙牡蠣族群間具有顯著遺傳分化，為開發高解析度產地鑑別標記奠定基礎。為提升牡蠣溯源系統的準確性，本計畫持續擴充多重元素與 DNA 資料庫，整合 SNP 分子標記作為補充與交叉驗證工具，並同步建置 CPTPP 會員國出口牡蠣之種類鑑定資料，以支援產地標示、溯源管理與政策決策，強化臺灣牡蠣產業在貿易自由化下之競爭力與永續發展。

本 (114) 年度 1 – 10 月共蒐集國產牡蠣樣本 156 件，並跨國取得境外樣本 77 件，合計 233 件。利用牡蠣易受環境影響之特性作為鑑識牡蠣產地之依據，以感應耦合電漿質譜儀 (ICP-MS) 分析 14 種多重元素，建立牡蠣多重元素產地資料庫後，採用線性判別分析法進行統計分類。整體正確分類率達 97.4%，顯示本資料庫具高判別準確性，能有效區分不同產地之牡蠣 (圖 1)。其次，在族群遺傳結構與分子標記開發方面，本研究利用 RAD-seq 與 GWAS 技術解析 170 份葡萄牙牡蠣樣本的 SNP 資料，結果顯示臺灣與中國沿岸族群間存在明顯的遺傳分化，Fst 與 STRUCTURE 分析均支持兩地族群具有可辨識的遺傳結構。此外，本研究亦分析 2021 – 2025 年之牡蠣進口統計資料，並結合市場實際採樣進行牡蠣種類鑑定分析。

結果顯示，臺灣牡蠣進口來源高度集中於越南與日本兩國，進口量佔比合計超過七成 (圖 2)。本研究結果對於我國在 CPTPP 貿易自由化背景下強化牡蠣產地管理、維護國產牡蠣競爭力及落實市場透明度，均具有重要的應用價值。

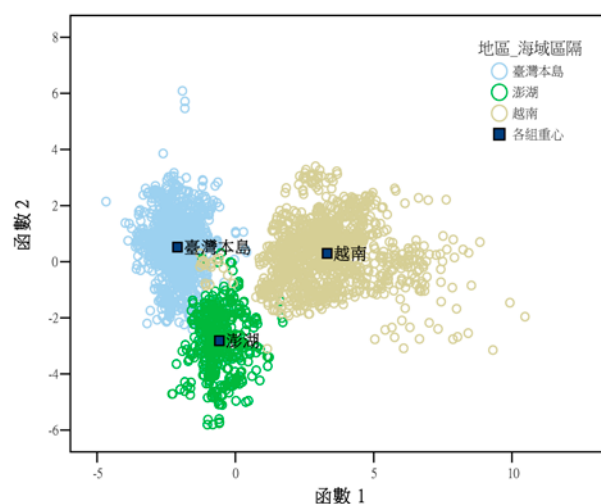


圖 1 牡蠣產地資料庫典型判別函數散佈圖

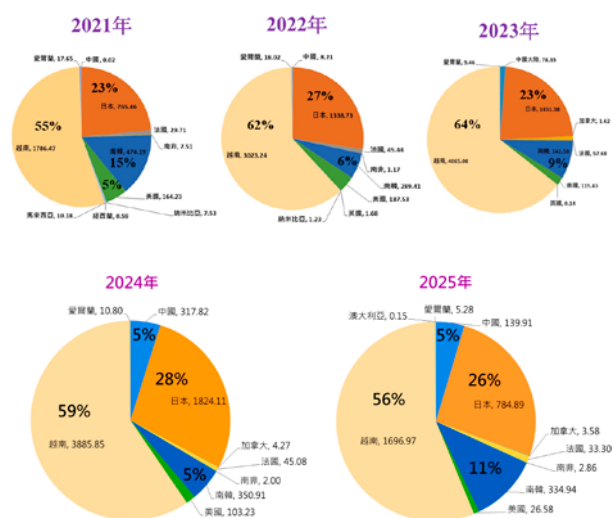


圖 2 2021-2025 年臺灣進口牡蠣主要來源國及其比例變化

臺灣中部海域底拖網漁業動態解析

陳郁凱、吳伊淑、陳秋月、黃婉琪、楊錦樺、吳浩祥、翁進興
沿近海漁業生物研究中心

臺灣沿近海拖網漁業相關研究多集中於北部、東北部海域以及西南海域，中部海域底拖網相關調查則相當少。中部海域底拖網漁場受到觀音凹陷及極具指標性的彰雲隆起等重要地貌所影響，加以高度季節性的水文變化，使得此區成為重要的底拖網作業海域。為此，本研究利用本所漁獲資料系統結合梧棲漁港港口查報記錄，解析中部海域底拖網漁獲組成結構及漁場分布狀態，並建立豐度指標以掌握中部海域底棲漁獲長期變動趨勢，提供資源管理規範擬定參考依據。

2014－2024 年梧棲漁港查報記錄漁獲約 260 個類別，其中漁獲量最高者為鎖管科 (11%)，其次依序是真烏賊 (10%)、大頭白姑魚 (7%)、石首魚科幼魚 (7%)、紅魴齒鯛 (7%)、藍圓鰱 (5%)、刺鰩 (4%) 及六指多指馬鮫 (3%)、長體蛇鰻 (2%) 及帶魚屬 (2%)，其他魚種則佔整體產量 42%。此外，各主要魚種單位努力漁獲量多維持在相對穩定水準，僅帶魚屬呈下降趨勢。由月別時序列熱力圖可觀察到主要魚種具有明顯季節性 (圖 1)，1－5 月冬、春期間普遍漁獲種類與量皆相對偏低，沒有特定的目標魚種；7－11 月夏秋時漁獲量高以頭足類的鎖管科及真烏賊為主要目標魚種，而其他魚種漁獲量也會集中在這個時期，為中部海域底拖網漁業作業的主要漁季。

本研究解析 2023 年鎖管科漁獲在臺中底拖網漁場的月別空間分布 (圖 2)。在冬、春季 (1－5 月) 非主漁期，只有零星的漁獲，漁場主要分布於水深 50 m 內的沿岸區域。至初夏 (6 月) 漁場開始略微向外海擴張，但仍以沿岸為主。夏季 (7－8 月) 進入盛漁期，漁場大幅擴張至彰雲隆起與觀音凹陷之間，自近岸到水深 60－70 m 間的區域，分布範圍廣且豐度高，為全年最重要的作業區。秋季 (9－10 月) 漁場自外海逐步向岸退縮，冬

季 (11－12 月) 魚群散去，沿岸僅有零星漁獲。整體而言，中部海域底拖網漁船依鎖管漁訊集中於外海陸棚作業，使得鎖管成為決定漁船空間分布與努力量配置的關鍵物種；其他魚種如真烏賊及大頭白姑魚等，其漁獲量與空間分布豐度明顯受到鎖管漁場與作業行為的影響。

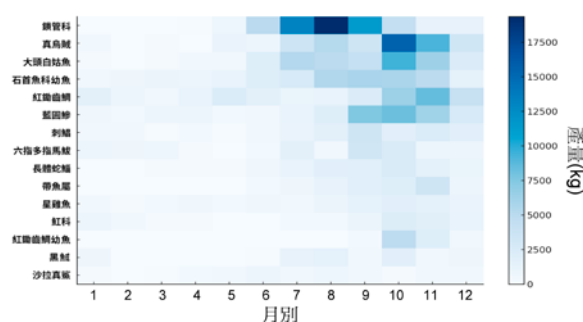


圖 1 各主要漁獲物種月別時序列熱力圖

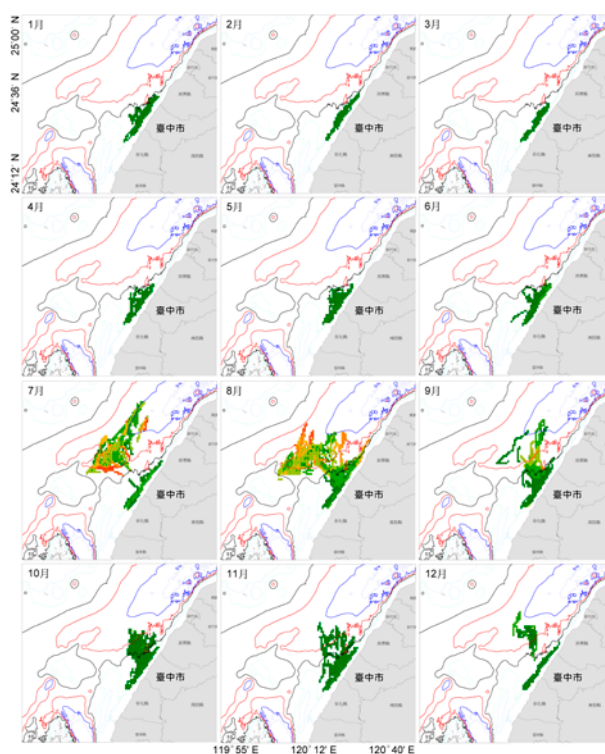


圖 2 2023 年中部海域底拖網鎖管科漁場月別空間分布

康氏馬加鰹系群動態時空間變異分析

鄭力綺、何珈欣、吳伊淑、黃星翰、吳稷艾、楊錦樺、黃婉綺、翁進興
沿近海漁業生物研究中心

康氏馬加鰹 (*Scomberomorus commerson*)，俗稱土魷魚，為臺灣周邊海域重要經濟性物種。鑒於其年漁獲量自 1976 年的 10,400 公噸大幅度下降至 2024 年的 789 公噸，生物參數建立與生物量監控等研究日益重要。

依據 2020 – 2025 年魚市場量測資料，土魷魚主要漁獲體型為 90 – 110 cm FL，年齡為 $1^+ - 2^+$ yr。整合胃內容物組成及貝氏穩定同位素混合模型餌料貢獻度分析，空胃率為 74.88%，除半消化物外，小型魚 (Class I, II) 主要以鯵科 (Clupeidae)、半稜鯷屬 (*Encrasicholina* spp.)、帶魚屬 (*Trichiurus* spp.)、黃小沙丁魚 (*Sardinella lemuru*) 與鬚赤蝦 (*Metapenaeopsis barbata*) 為主；中型魚 (Class III-V) 以圓鰺屬 (*Decapterus* spp.)、帶魚屬、紅鋤齒鯛 (*Erynnis cardinalis*)、杜氏鎖管 (*Uroteuthis duvaucelii*)、烏賊目 (Sepiida) 及銀灰半稜鯷 (*Encrasicholina punctifer*) 有較高比例；大型魚 (Class VI) 則以眼眶魚 (*Mene maculata*)、圓鰺屬、白腹鯖 (*Scomber japonicus*)、紅鋤齒鯛、帶魚屬及杜氏鎖管為主要攝食來源 (圖 1、2)，呈顯著的體型階段性食性轉變。

另以耳石氧穩定性同位素組成對照海洋環境

參數，以平均差法及等頻率分析法推估土魷魚季節性分布，結果顯示，該物種在春末主要分布於臺灣海峽、臺灣西部沿海及菲律賓海域，夏末、秋初自臺灣海峽、臺灣東部沿海向東海、中國沿岸及沖繩海槽等延伸，秋末、冬季多數個體自東海沿著臺灣海峽中線向臺灣西部沿海、菲律賓北部海域等分布，部分個體 (65%) 則在冬末、春初時沿著臺灣西南—東部沿海向沖繩海槽延伸。在春、夏、秋及冬季的分布範圍分別與平均水溫 $23 - 30^\circ\text{C}$ 、 $21.8 - 27^\circ\text{C}$ 、 $23 - 27^\circ\text{C}$ 及 $19.8 - 24^\circ\text{C}$ 重疊，鹽度則介於 32.5 – 34 psu。本研究結果可作為後續土魷魚漁業資源管理與系群分布研究的參考依據。

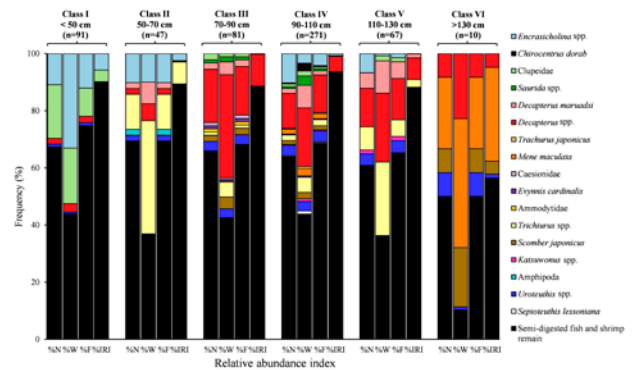


圖 1 不同體長級距之土魷魚胃內容組成 (n=567)

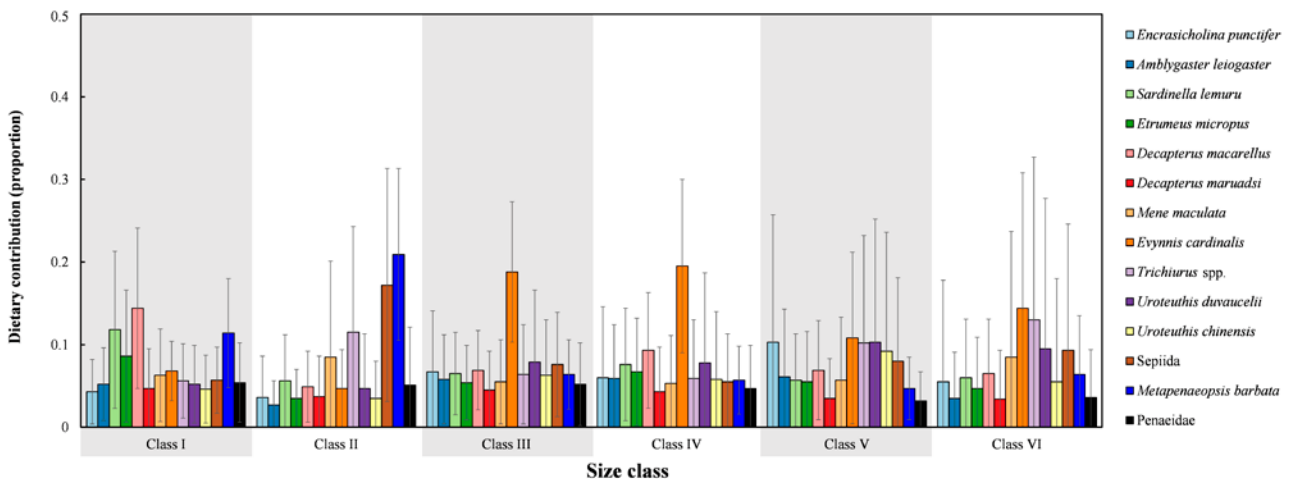


圖 2 以貝氏穩定同位素混合模型估算 14 種常見餌料生物於不同體長級距土魷魚之相對貢獻度分布

建立沿海重要漁業資源漁海況預報機制之研究

張致銓¹、張可揚²、黃建智¹、黃星翰¹、翁進興¹

¹ 沿海漁業生物研究中心、² 海洋漁業組

本研究旨在透過長期漁業數據與環境監測，建立沿海重要漁業資源之漁海況速預報機制，並解析臺灣沿海烏魚 (*Mugil cephalus*) 及劍尖槍鎖管 (*Uroteuthis edulis*) 之資源動態與環境關聯。

在烏魚生物學方面，分析證實冬季洄游族群以 NWP1 (溫帶型) 為主 (佔比 > 80%)，其生殖腺指數 (GSI) 與洄游時序高度相關，呈現由北向南先升後降的產卵洄游特徵。

在鎖管資源方面，標準化 CPUE 預測模型 (圖 1) 準確預測 2025 年北部海域資源呈上升趨勢 (實際上升 70.1%) (圖 2)；且接收即時漁海況資訊之漁船，其 CPUE 較未接收者高出 32%，證實資訊服務之實質效益。

另一方面，針對烏魚漁場空間變動，利用漁獲重心標準差橢圓 (SDE) 結合海表面水溫 (SST)

分析 (圖 3、4)，顯示中國沿岸流 20°C 等溫線為關鍵指標。依冷水團強度差異，烏魚漁場型態可歸納為「雙核心擴散型」、「西南型」及「東北/中北部型」三種模式。

本研究成果不僅成功開發漁船專用之船載漁海況預報系統，驗證了預測模型的準確性，更揭示氣候變遷下環境因子對重要洄游性魚種分布之決定性影響。

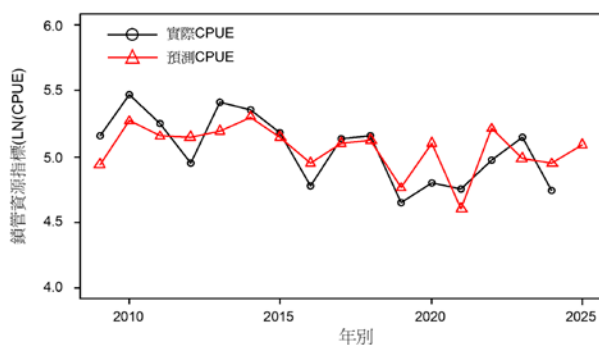


圖 1 2009-2025 年臺灣北部海域鎖管資源預測 CPUE

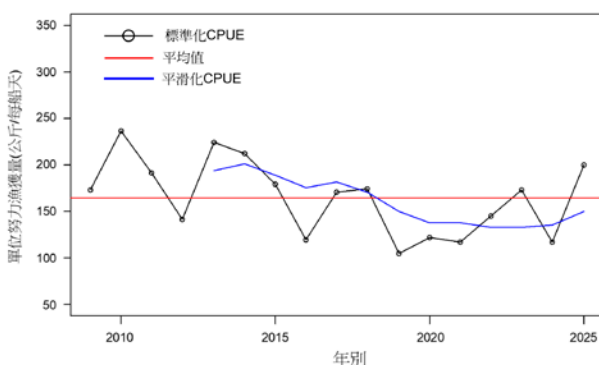


圖 2 2009-2025 年臺灣北部海域鎖管資源實際 CPUE

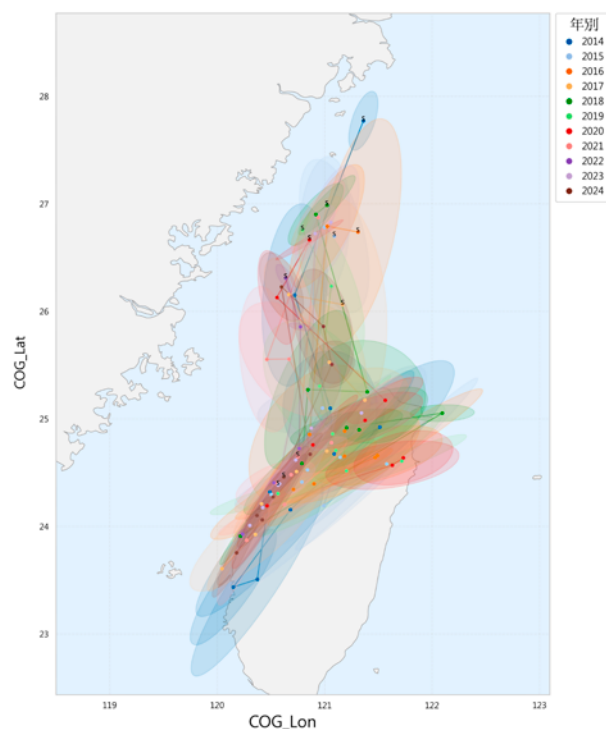


圖 3 2014-2024 年烏魚刺網漁場漁獲重心 (SDE) 變化分布

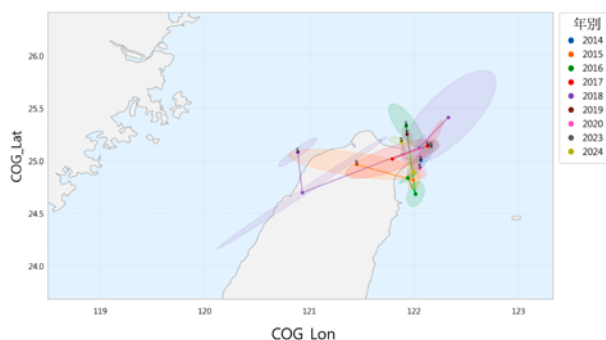


圖 4 2014-2024 年烏魚扒網漁場漁獲重心 (SDE) 變化分布

臺灣東部海域笛鯛科魚類食性階層動態之研究

張景淳、瑪蓋巴然、許紅虹、吳瑞賢、林憲忠、江偉全
東部漁業生物研究中心

許多魚類具有季節與空間的遷移行為，例如河口－珊瑚礁－離岸區域的遷移，而這些遷移通常都與攝食、繁殖或是自體發育行為有關。其中，生態系統所提供的營養來源決定了魚種的遷移、族群數量與密度，然而有關生產力在這些系統間的傳遞機制仍不清楚。笛鯛科魚種棲息於熱帶與亞熱帶海域，為肉食性，偏好攝食其他底棲魚種與甲殼類，主要棲息在沙泥與礁岩底質等水域環境。笛鯛科魚種多為夜行性魚種，主要在夜晚進行覓食與繁殖。有關臺灣地區笛鯛科魚種前人研究指出由 2004 年 7 月至 2009 年 6 月 5 年間，笛鯛科魚種漁獲盛產期約在每年的 4－9 月，主要以一支釣、底延繩釣、拖網與刺網等漁法捕獲。根據臺東縣新港區漁會拍賣紀錄之 5 種高經濟價值笛鯛科魚種包括銀紋笛鯛 (*Lutjanus argentimaculatus*)、黃足笛鯛 (*L. fulvus*)、隆背笛鯛 (*L. gibbus*)、海雞母笛鯛 (*L. rivulatus*) 與白星笛鯛 (*L. stellatus*)。從 2004－2009 年共計捕獲約 19,000 kg 之笛鯛科魚種，且笛鯛科魚種在年度漁獲個體數與漁獲總重量皆有上升的趨勢，然而漁獲平均體重 (總捕獲重量 / 總捕獲尾數) 則有下降的趨勢，表示漁獲個體小型化 (圖 1)。本研究的首要目標是了解礁岩區魚種 (笛鯛科) 攝食、移動行為與對棲地的地用情形，並探討該魚種在不同空間移動時對於生產力的傳輸作用。而在 2025 年探討的主要問題有：(1) 海雞母笛鯛主要的攝食來源；(2) 在不同時間中，該魚種的攝食來源情形。本研究藉由胃內容物分析、傳統的穩定同位素分析來解析上述問題，瞭解臺灣東部海域海雞母笛鯛營養階層動態與移動情形。

本研究分析臺東海域 2014－2024 年間之漁會漁獲數據，並於 2025 年採集 198 尾樣本，結合胃內容物分析與穩定同位素進行整合探討。漁獲資料顯示，笛鯛科種類組成具有年間波動，且夏

季高、秋季低的季節性變動。胃內容物分析指出海雞母笛鯛空胃率低，主要以扇蟹科 (Xanthidae) 與蟬屬 (*Charybdis*) 等底棲甲殼類為食，顯示其為專一性較高之底棲掠食者 (圖 2)。然而，攝食策略在季節間有所不同，春季樣本顯示明顯的食性轉移訊號，同位素特徵反映水層性來源的貢獻增加。在生活史變動方面，大型個體的同位素特徵呈非線性變化趨勢，推測生活史後期可能存在跨棲地行為。

本研究解析臺灣東部海域之海雞母笛鯛為適應力強之中高階消費者，其食性與棲地利用隨季節環境與個體發育產生動態轉移。

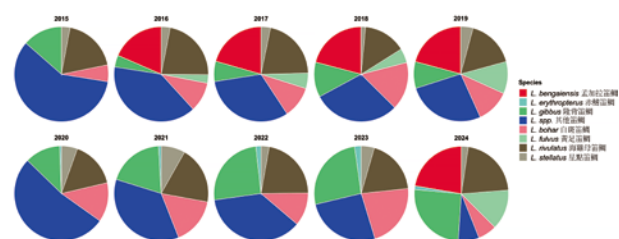


圖 1 笛鯛科魚種年間漁獲量比重

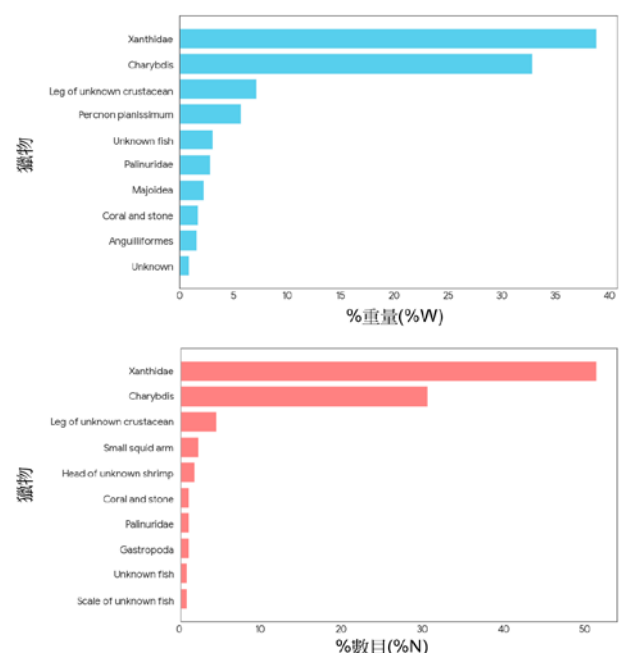


圖 2 海雞母笛鯛胃內容物前十名之獵物組成

臺灣東部海域鬼頭刀與紅肉旗魚族群特徵與季節性棲所偏好特徵解析

周爰瑱、林憲忠、許紅虹、吳瑞賢、江偉全
東部漁業生物研究中心

本研究針對臺灣東部海域重要經濟性洄游魚種—鬼頭刀 (*Coryphaena hippurus*) 與紅肉旗魚 (*Kajikia audax*)，整合漁業資料、生物量測與彈脫式衛星標識 (PSAT) 技術，解析其族群特徵、季節性分布與棲地利用行為。研究彙整 2017 – 2025 年臺東縣新港魚市場延繩釣漁業資料，結果顯示鬼頭刀為主要漁獲對象，歷年漁獲比例約佔 59 – 85%，並呈現明顯季節性變化。2003 – 2025 年體長資料 (共 105,240 尾) 顯示，鬼頭刀於兩大盛漁期 (4 – 6 月、10 – 12 月) 體長結構差異顯著，雌雄體長分布不同，整體族群呈雌魚偏多 (雌魚比例約 0.62) (圖 1)。

在行為生態方面，透過 PSAT 標識回傳資料分析鬼頭刀與紅肉旗魚之水平移動與垂直棲息行

為，結果顯示兩物種皆具明顯季節性洄游與晝夜垂直遷移特徵，主要活動於混合層範圍內，偏好表層水溫約 28 – 30°C 之環境 (圖 2)。然而，兩者在垂直行為上仍呈現差異：鬼頭刀之活動深度多受混合層深度限制，對溫度變化之耐受性較低；相較之下，紅肉旗魚具較高之垂直活動彈性，白天下潛深度可達約 200 m，顯示其對環境變動之適應能力較強。

本研究進一步指出，海表面溫度 (SST)、混合層深度 (MLD) 與混合層溫度 (MLT) 為影響兩物種棲地利用與垂直行為之關鍵環境因子。研究成果可提供東部海域漁場時空變化與洄游行為之基礎生態資訊，作為未來漁場預測、資源評估及氣候變遷調適型漁業管理之重要科學依據。

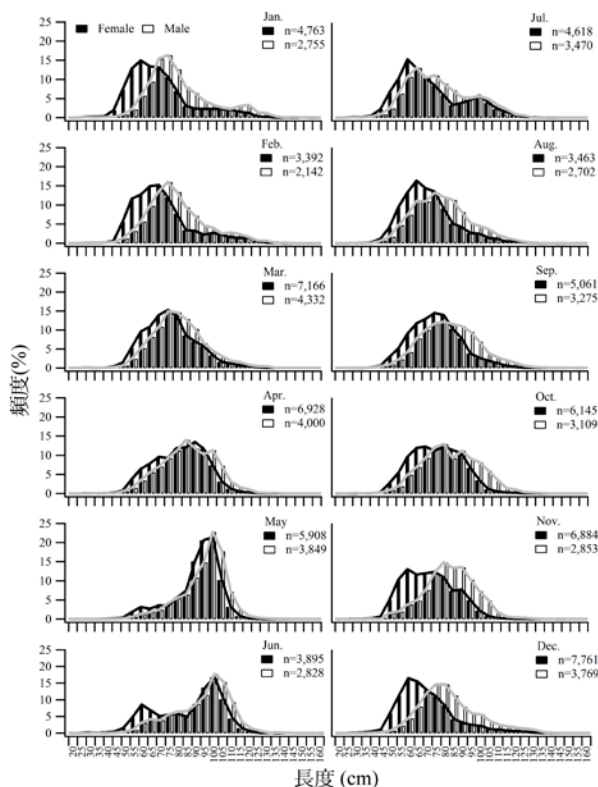


圖 1 2003-2025 年新港魚市場雌雄鬼頭刀月別漁獲體長頻度分布

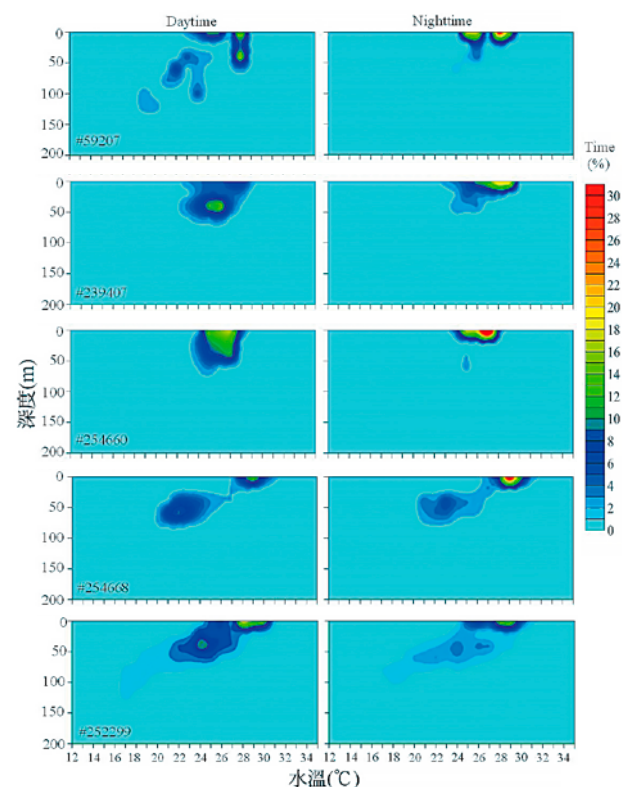


圖 2 紅肉旗魚晝夜期間棲息深度與溫度之熱點分析

澎湖海域鎖管產卵熱區調查

陳瑞谷、莊美英、林綉美、歐麗榛、劉祐瑜、葉宇庭
澎湖漁業生物研究中心

本研究使用水試 2 號試驗船至澎湖周邊海域完成 3 航次網板底拖網與 5 航次一支釣調查 (圖 1)，並每 1 – 2 週至鎖港定置網收集鎖管樣本 (圖 2)。除量測生殖學參數外，皆以齒環鑑定鎖管種類。底拖網共取得 546 尾頭足類樣本，包括 181 尾中國槍鎖管 (*Uroteuthis chinensis*)、169 尾劍尖槍鎖管 (*U. edulis*) 與 114 尾貝卡鎖管 (*Loliolus beka*)、33 尾田鄉鎖管 (*L. uyii*)，其餘頭足類則少於 10 尾。以雌鎖管口膜出現精英為已交配徵狀來推斷鎖管潛在產卵場，顯示彰化外海應存在劍尖槍鎖管潛在產卵場，在雲林外海應有貝卡鎖管潛在產卵場 (圖 3、4)。手釣所獲 42 尾皆為中國槍鎖管，其中 6 尾已交配，推論花嶼西南方海域應為中國槍鎖管潛在產卵場。鎖港定置網所獲以中國槍管鎖管為主，在採樣各月份皆有成熟個體 (圖 5)，並在 3/5 月出現已交配雌鎖管，推論春季在鎖港外海可能有中國槍鎖管潛在產卵場。

因網板拖網並未能取得鎖管卵鞘，且澎湖周邊海域地形多不適合使用，未來將改以橫桿拖網至上述潛在產卵海域進行調查。

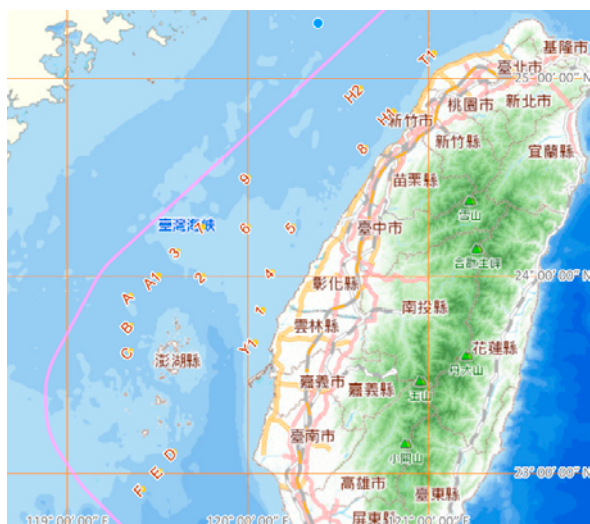


圖 1 本年度網板拖網調查測站位置

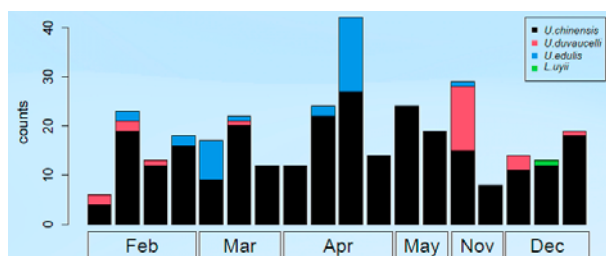


圖 2 鎖港定置網鎖管種類月別變化

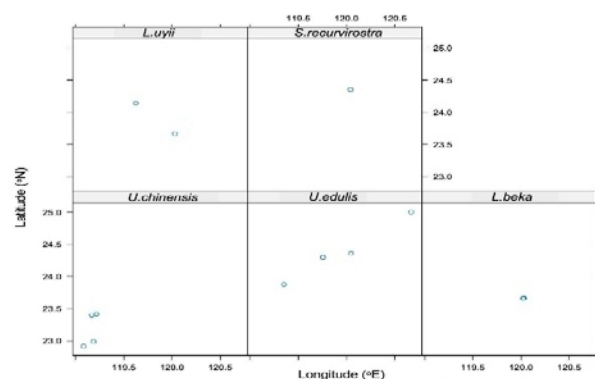


圖 3 以拖網或一支釣取得已交配雌鎖管位置

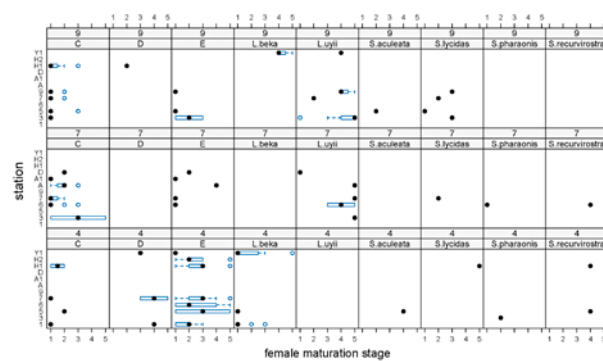


圖 4 拖網取得各種類雌鎖管成熟階段分布

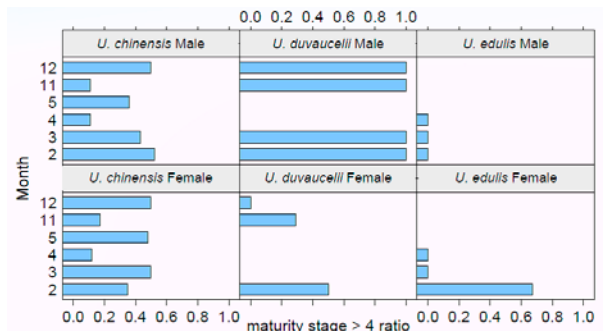


圖 5 鎖港定置網鎖管各月成熟個體比例

臺灣淺堆周邊海域漁場環境變動研究

葉宇庭、陳瑞谷、劉祐瑜、林綉美、歐麗榛、莊美英、林連蒂
澎湖漁業生物研究中心

本研究使用水試 2 號及水試 3 號試驗船於 2025 年 4、6 及 10 月，分別於臺灣淺堆東北及澎湖本島周邊海域進行固定測站調查，累計共 60 站次 (10 月僅澎湖本島周邊 4 站，圖 1)，整合水文環境及浮游動物樣本資料，探討季節性海況變動下之浮游生態與漁業資源關係。結果顯示，春季至初夏樣區水文環境呈現明顯季節變化，4 月仍受冷水團南下與局部湧升影響，6 月則隨西南季風盛行，湧升增強且水體分層明顯，顯示為多種水團交互作用形成複雜環境。魚卵與仔稚魚豐度具顯著時空差異，魚卵密度與表層水溫呈顯著負相關，顯示親魚偏好於低溫、水團交界或湧升區產卵，並以 4 月為產卵高峰 (圖 2)；仔稚魚密度則與水溫無顯著關聯，反映其分布可能受海流輸送與行為等多重因素影響。群聚分析顯示，仔稚魚與浮游動物組成皆呈現明顯季節變化，時間因素影響較空間因素更重要 (圖 3)；春、夏季東西側群聚差異反映外海與沿岸生態系交會特性。整體而言，臺灣淺堆處於大洋與沿岸生態系匯聚的重要位置，且為高度動態而具季節性變動的海洋生態系，持續長期監測對資源管理具重要意義。

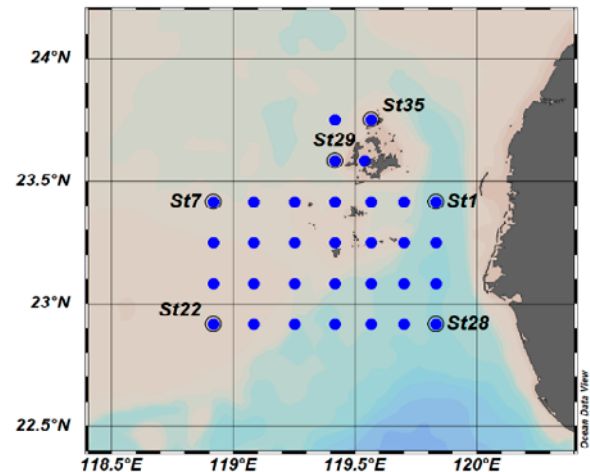


圖 1 本年度調查測站位置

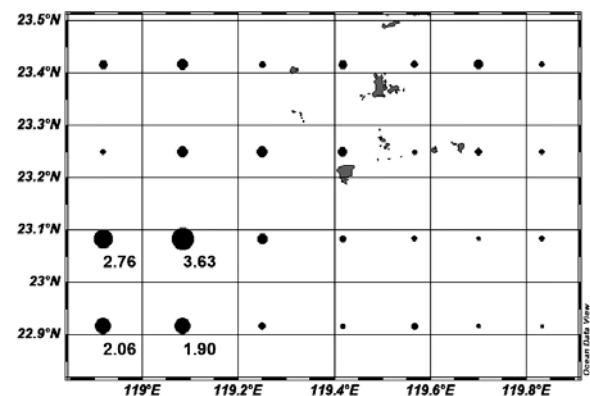


圖 2 於 6 月之魚卵密度分布 (單位：ind./m³)

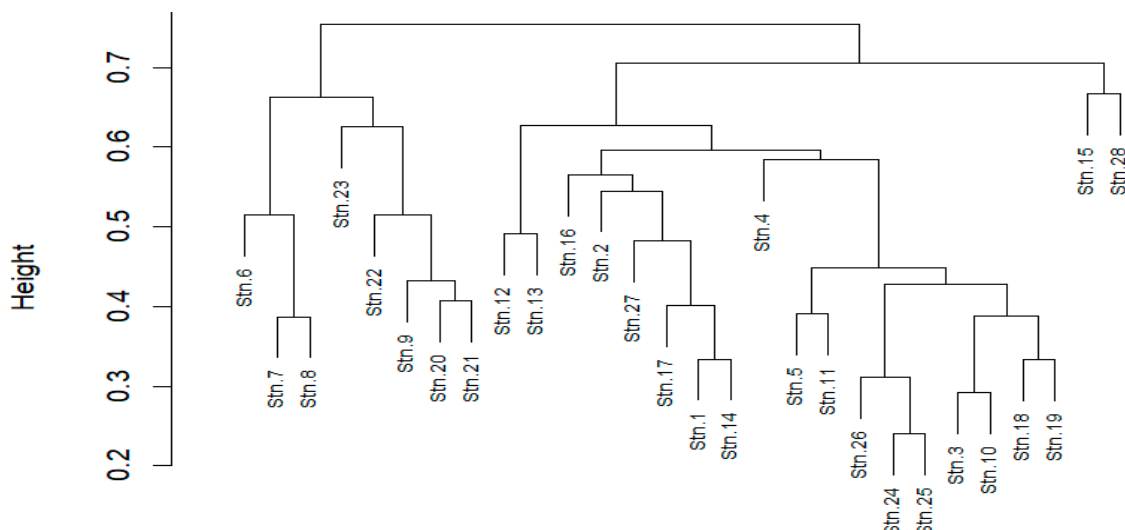


圖 3 於 6 月之仔稚魚組成群集分析

二、漁業資源復育與回復技術

鯧科魚類增裕技術之研究

吳允暉¹、邱沛盛²、藍揚麒³、金建邦¹

¹海洋漁業組、²海水養殖研究中心、³沿近海漁業生物研究中心

壹、重要研究成果

本研究選定臺灣西部海域產量最豐富的斗鯧 (*Pampus chinensis*) 為對象進行增裕技術開發，本年度首先進行本種生殖生物學研究及建立活體採集及蓄養技術，作為日後發展人工繁養殖技術重要參考資料。

自 2025 年 1 – 11 月於臺灣西南沿海共採集 1,334 尾樣本，雌魚尾叉長 (FL) 為 130.6 – 445.0 mm、雄魚為 131.0 – 345.0 mm。雌魚 440 尾，雄魚 520 尾，性別不明 374 尾。雌雄魚體長體重關係如圖 1 所示，雌性體長和體重均大於雄性，這種體型差異可能是由於兩性生長速度的差異造成。

總性比為 0.458，雌雄有顯著差異 ($p < 0.05$)，月別性比變化部分，5 – 6 月雌魚比例較高 (64.6 – 69.8%)。雌魚生殖腺成熟指數 (GSI) 從 4 月開始上升，8 月最高達 3.1 (圖 2)。4 – 5 月首批捕獲水卵的個體為體長 380 – 400 mm 的大型魚，第二批 6 月之後的個體為體長 300 – 330 mm 的中型魚。經由 GSI 及生殖腺切片推估生殖期為 4 – 8 月，高峰期為 7 – 8 月。依生殖期雌魚卵巢發育狀態可判斷其生殖策略為分批產卵型。雄魚性成熟早於雌性，大體型雌魚較小體型雌魚更早產卵。總

孕卵數平均為 $376,402 \pm 278,112$ 粒，批次產卵數數平均為 $217,276 \pm 152,598$ 粒。最小性成熟體長，雌魚為 248.0 mm、雄魚為 160.0 mm，50% 性成熟體長雌魚為 313.6 mm、雄魚為 258.7 mm。

活體捕捉試驗結果顯示，10 cm 以下小型個體活存率較佳。運輸建議以活魚運輸車搬運，同時維持 22 – 24℃ 水溫，全程供應純氧可有效降低死亡率。目前共蓄養活體 36 尾，部分個體已活存超過 1 年 (圖 3)。



圖 3 人工環境中蓄養超過 1 年體長達 20 cm 的斗鯧

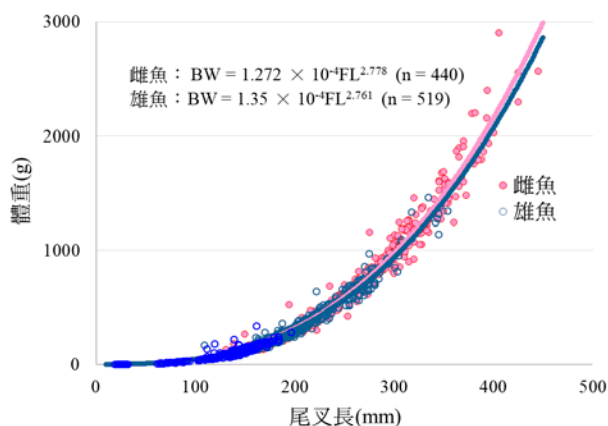


圖 1 斗鯧雌雄魚尾叉長體重關係式

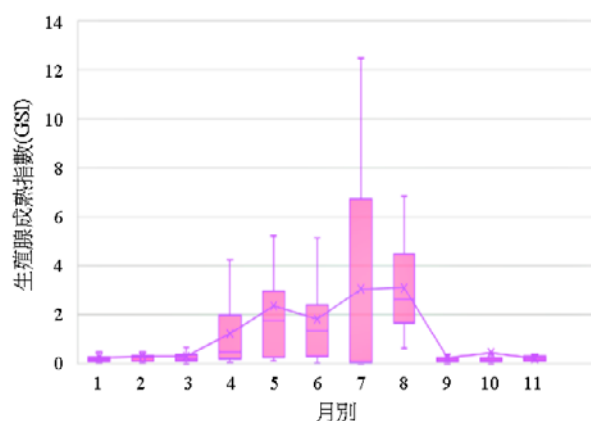


圖 2 斗鯧雌魚生殖腺成熟指數 GSI 月別變化

密點少棘胡椒鯛族群遺傳結構基礎調查研究

黃慶輝、吳嘉哲
水產養殖組

本研究以密點少棘胡椒鯛 (*Diagramma pictum*) 為對象，旨在建立其族群遺傳分析所需之基礎分子標記，並評估此物種在後續放流及育種管理上的遺傳可行性。由於密點少棘胡椒鯛相關遺傳研究相當有限，目前僅有完整粒線體序列的公開資料，因此本研究可視為該物種第一個系統性的族群遺傳初探。

研究背景與重要性方面，本所成功突破密點少棘胡椒鯛人工繁殖瓶頸，完成自然產卵、仔稚魚培育與生產，為全球首度成功人工繁殖此物種的完整紀錄 (Chiu et al., 2025)。惟目前對該物種的遺傳多樣性、族群結構及可用基因標記之認識仍缺乏，亟需建立基礎遺傳資訊，以作為未來資源管理、放流參考與漁業資源永續利用的重要依據。此外，先前在阿拉伯灣的研究指出，密點少棘胡椒鯛屬於雌雄異體物種，雄魚可在約 0.5 年齡成熟，而雌魚則需約 2.9 年，最長可活存達 11 年 (Grandcourt et al., 2011)，顯示其生活史較長、繁殖速度較慢，更突顯本物種之遺傳監測與放流管理的重要性。

研究結果方面，本研究比較種魚族群中粒線體不同區域的變異程度來篩選基因標記。透過

DnaSP 進行序列多樣性分析顯示，D-loop 區域相較於 *Cytb*、*COI* 等較保守的基因片段具最高的族群內變異度 (表 1)。D-loop 在密點少棘胡椒鯛中展現更佳的遺傳分辨力，因此本研究鎖定 D-loop 基因片段作為後續族群遺傳與親緣分析的主要分子標記。受精卵分子標記適用性測試部分，為確保基因標記可應用於初期胚體，本研究進一步測試單一受精卵之 DNA 是否具足夠量與品質以進行 PCR 與定序。實驗結果顯示單一受精卵萃取所得 DNA 濃度僅約 2 – 3 ng/μl，但已足以成功進行 PCR 擴增，D-loop 序列可被完整擴增與定序，受精卵序列與部分澎湖親代樣本一致，證明其來源判別能力 (圖 1)。本研究所建立之分子標記不僅可用於成體，也可應用於早期胚體，有助於未來放流個體來源追蹤、親系確認與資源管理。

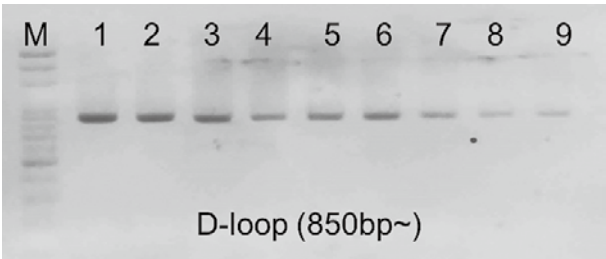


圖 1 以澎湖 9 尾成魚樣本為例，電泳結果顯示本次設計之引子皆能以 PCR 方式擴增所需 D-loop 片段

表 1 DnaSP 分析顯示 D-loop 具最高族群變異度並為主要遺傳標記之篩選結果

標記種類	COI		Cytb		D-loop	
樣本來源	澎湖(N=9)	屏東(N=8)	澎湖(N=9)	屏東(N=8)	澎湖(N=9)	屏東(N=8)
h (haplotype diversity)	0.722	0.786	0.00	0.464	0.833	0.893
π (nucleotide diversity)	0.00080	0.00170	0.00	0.00087	0.00193	0.00891

漁業資源復育之漁民需求評估

楊清閔

水產養殖組

面對氣候變遷帶來的高溫、寒害、強降雨、颱風與海象不穩，漁民最直接承受的是「產量不穩、成本增加、風險升高」。因此調適策略必須回應漁民需求，以短期減損、中期預防、長期永續為目標，透過滾動式檢討，強化產業韌性、降低脆弱度，維持水產品穩定供給。

本研究主軸為因應氣候變遷調適，評估漁民對漁業資源復育之需求，直接面向漁民與產地現場，蒐整第一線問題點，並盤點可落地之解方與政策工具，務求「研究回應產業、技術對接需求」。目前先聚焦養殖漁業物種，本所於 2023 年初成立牡蠣工作小組，運用所內外「群戰力」整合不同領域專家，共同研究突破牡蠣產業瓶頸，從種苗、養殖、環境監控到加工與市場端提出對策，既有成果包含人工附苗、單體牡蠣、產地辨識、牡蠣殼應用與苗期預測等；進行中則朝人工苗活存率提升、三倍體研發、養殖法精進（單體/籠式/延繩式）、生物防治（蚵螺與被覆物移除）、

長期水質監測、分段式養殖以分散颱風風險、以及導入以自然為本解方 (Nbs) 之規劃等；同時也與政策端共同研議冷鏈示範、產銷履歷與溯源、生食級與帶殼產品分級、環保材質導入、勞力鬆綁與產業關懷機制等，以提升品質、降低成本並穩定供應（表 1）。在文蛤與泰國蝦等物種亦採相同邏輯：以「科學數據養殖、分段養殖、外來入侵防治、益生菌與養殖池管理、育種選育、環境友善與水質預警」為技術主線，並推進智慧養殖與 AI 預警、漁電共生試驗、加工增值與冷鏈提升、產地輔導與產業關懷等整合策略（表 2）。

整體而言，本所將持續以資料化監測（環境－生產－風險）、技術示範擴散（示範場－教育訓練－在地輔導）與制度工具配套（保種、溯源、冷鏈、風險分散與災後復原）三軸並進，形成可隨氣候風險變化而調整的滾動式調適治理，確保我國漁業與水產養殖在面對極端氣候時仍能維持穩定生產、降低損失，並邁向長期永續。

表 1 水產試驗所對文蛤養殖產業困境之解方研擬

已有研究成果	進行中技術精進、研發與困境解方	共同參與政策討論解方
1.科學數據養殖 2.分段養殖 3.外來貝類防治 4.益生菌 5.養殖池管理 6.育種、性別 7.環境友善養殖 8.水質預警機制	1.簡易科學數據養殖法(提升育成率) 2.品系育種(增耐受性) 3.分段養殖(活存率提高) 4.益生菌(提昇免疫力) 5.管理法(活存率提高) 6.生物防治(防異貝入侵) 7.環境監測、環境友善養殖 8.建議養殖密度 9.生產調適；辨視風險調適管控 10.水質預警機制 11.文蛤青蟹生態綜合養殖技術開發 12.文蛤選育技術之開發	1.漁電共生試驗 2.智慧養殖之AI預警系統 3.產業關懷(反應問題) 4.畜牧業剩餘資源在文蛤養殖之應用 5.產地現場輔導

表 2 水產試驗所對泰國蝦養殖產業困境之解方研擬

已有研究成果	進行中技術精進、研發與困境解方	共同參與政策討論解方
1.保存現有SPF泰國蝦種原 2.收集清淨種原 3.生物安全防疫養殖模式 4.SPF種蝦之選種育種 5.防疫核心示範場	1.建立種源庫，保存現有SPF泰國蝦種原(強健種源，提高育成率) 2.國外引入優良種原(擴充種原基因度) 3.生物安全防疫養殖模式(提高育成率) 4.SPF種蝦之選種育種(穩定優質種苗) 5.防疫核心示範場(提升生物安全管理模式及產業輔導) 6.輔導加工品開發(附加價值) 7.適地性輔導(經營、技術、產銷) 8.設施型養殖模式建立(養殖技術、省水)	1.智慧型養殖系統的開發(養殖技術、降低勞力) 2.分子育種篩選耐候泰國蝦品系、產業推廣(優良種原) 3.飼料調控與營養強化(提生產量) 4.蝦類病原檢測及生物安全輔導(產業輔導) 5.提升冷鏈技術(品質提升) 6.產業關懷(反應問題)

黃金鰭鯪活體採集及種魚培育試驗

邱沛盛、何信緯、黃政軒、朱永桐
海水養殖研究中心

黃金鰭鯪 (*Chrysochir aureus*) 為臺灣西南海域的經濟性石首魚類，目前均依賴捕撈漁業供應市場，其養殖技術尚未被建立。然而，近幾年卻出現漁業資源下降的現象。市場交易量從 2018 年的 96,627 kg 至 2023 年已降至 34,184 kg。

本計畫將透過收集野生魚隻，在人工環境中培育成種魚並獲得受精卵後進行魚苗培育，最終達到量產規模。本 (114) 年度主要透過刺網漁船收集種魚。結果顯示，底刺網捕獲的魚隻活存率極低 (0 – 11.1%)，主要原因是放網時間過長造成魚隻嚴重體表受傷與緊迫 (圖 1)；浮刺網若放網時間控制於 10 分鐘內，可維持 91.6 – 100% 的活存率。推測放網時間可能為影響活存率的關鍵因素。

捕獲的活體魚隻以純氧運輸，水溫維持 22 – 23 °C。在 2024 – 2025 年間共測量 51 尾死亡個體之生物形質資料，體全長為 22.50 – 33.00 cm、體重為 100.0 – 429.0 g，多數個體均發現生殖腺。雌魚體型平均較雄魚大，8 月及 9 月 GSI 分別為 $5.19 \pm 0.65\%$ 及 $4.12 \pm 0.41\%$ ；雄魚為 $0.36 \pm 0.07\%$ 及 $0.48 \pm 0.02\%$ (圖 2)。種魚培育使用 4000 L 暫養槽進行檢疫與蓄養 (圖 3)，之後移入 50,000 L 水泥產卵池，其中放入 PVC 水管作為環境豐富化設施。

在 2024 年捕獲的魚隻多數死亡，僅 3 尾活存超過 1 年；2025 年改良採集方式後活存率顯著提升，現有 22 尾種魚活存。種魚初期僅願意攝食活蝦，經 2 – 3 週的適應可接受冷凍南極蝦與魚肉。種魚養殖的環境平均水溫為 $25.39 \pm 3.97^{\circ}\text{C}$ 、平均鹽度為 30.35 ± 5.89 psu。目前全球尚無黃金鰭鯪活體養殖記錄，本研究結果可為該魚種人工種魚培育提供重要基礎資料。

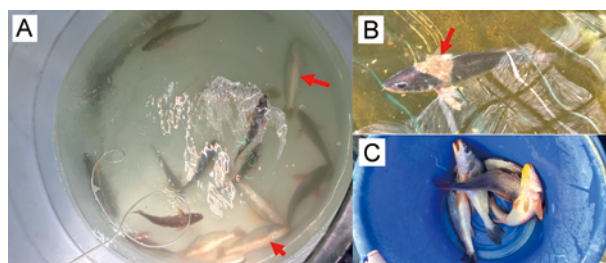


圖 1 黃金鰭鯪在捕獲、運輸、蓄養過程傷亡率高：(A) 船上活魚桶死亡；(B) 蓄養 5 日後，被刺網卡住的傷口潰爛；(C) 蓄養過程中緊迫死亡

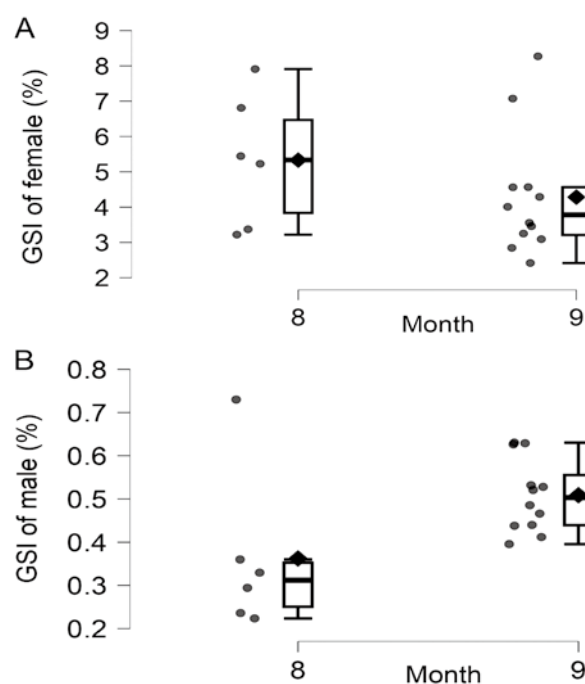


圖 2 黃金鰭鯪雌魚 (A) 及雄魚 (B) 8-9 月之生殖腺指數



圖 3 檢疫與蓄養中的黃金鰭鯪

康氏馬加鰹精子活力分析及育苗研究

朱永桐、邱沛盛、張素容、張丁仁、吳承憬、苗梓傑、蔡欣原
海水養殖研究中心

本研究旨在建立重要經濟魚種康氏馬加鰹 (*Scomberomorus commerson*) 人工繁殖與育苗之完整技術流程。針對精子保存、受精卵運輸、胚胎孵化條件、仔魚初期餌料及現場育苗進行評估分析。

以 isperm 分析儀測試精子保存方式。新鮮精液初始活力為 50%，而新鮮精巢 (testis) 低溫保存可有效延緩活力衰退，於保存第 7 天仍維持約 5 – 7% 之活力，顯示其為短期保存之最佳方式 (圖 1)。

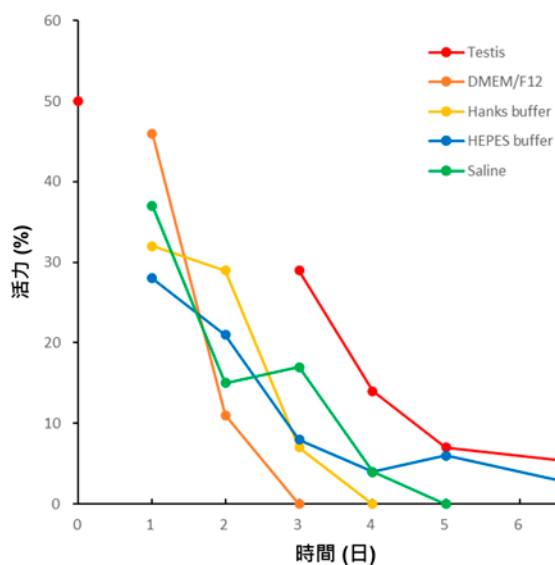


圖 1 不同保存液下康氏馬加鰹精子活力衰減情形

受精卵運輸方面，胚胎發育期與運輸溫度為影響孵化成功率之主要因子，其中器官形成期胚胎耐受性最高，孵化率可達 90% 以上 (圖 2)；然高溫 (29℃) 則顯著降低孵化率，34℃ 下完全無孵化。最適孵化水溫範圍為 22 – 28℃、鹽度範圍為 30 – 40 psu，在 20 – 25 psu 之低鹽環境下胚胎無法正常發育。不同溫度下之 50% 孵化時間呈現溫度依賴性，實驗結果顯示，高溫會加速胚胎發育，但相對也提高死亡風險。

初期餌料生物對仔魚活存具決定性影響，試驗結果發現，黃雞魚仔魚搭配輪蟲之餌料組合最能提高活存天數；而未投餵餌料之對照組則於孵化後第 3 – 4 天全數死亡 (圖 3)。另外，本年度共進行 5 批次育苗，育苗率介於 0 – 0.26%，受颱風降雨與水質劇變等環境因素影響活存率甚鉅。

本研究探討康氏馬加鰹育苗之初期餌料生物，並了解較適合孵化與育苗條件，可作為未來建立人工繁殖技術的參考，也期望能提升苗種量產成功率。

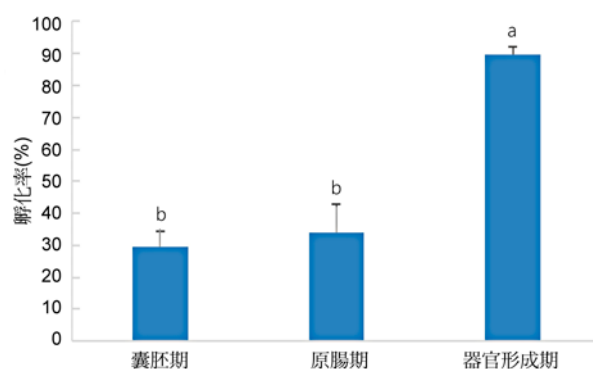


圖 2 不同發育時期的受精卵之運輸後孵化率

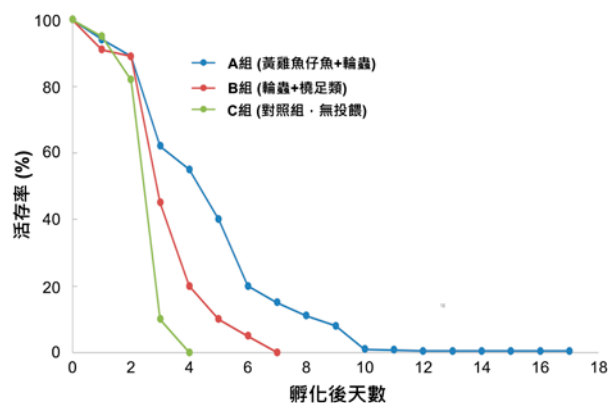


圖 3 不同餌料生物投餵組合培育康氏馬加鰹魚苗之活存率

黑鰓繁殖與種苗生產技術研究

賴繼昌¹、李彥宏²、翁進興¹、黃星翰¹、陳陽德²、黃建智¹、何珈欣²、吳伊淑¹

徐華遜¹、黃婉綺¹、黃維能²、蔡欣諫²、李奕昀²

¹ 沿近海漁業生物研究中心、² 東港養殖研究中心

黑鰓 (*Atrobucca nibe*) 為臺灣沿近海重要的深海經濟魚種，棲息於 100 m 以下陸棚水域。近年受漁撈壓力增加影響，野生資源量下滑，促使人工繁殖與種苗生產技術之建立更形迫切。本研究旨在建立黑鰓完整的繁殖與種苗生產技術體系，包含種魚減壓捕撈、運輸蓄養、魚苗孵育及餌料營養強化等關鍵技術，藉以支援未來產業化量產與資源復育工作。

種魚採集以延繩釣為主，深度 120 – 160 m。由於黑鰓深海上浮造成壓力生理反應強烈，活魚蒐集有其挑戰性。研究建立現場種魚採集流程，釣獲當下活存率僅為總釣獲尾數之 4.16%，小體型個體之釣獲後活存率明顯高於大體型。進港後經短期蓄養 3 週以上 (圖 1)，期間適應陸上養殖而活存之個體比例仍低於總漁獲尾數的 1%，反映深海魚種補充之難度。後續由澎湖以充氧袋空運至高雄，轉陸運方式抵達東港，空運後活存率達 100%，顯示標準化運輸流程具可行性。



圖 1 釣獲後進行短期蓄養之黑鰓種魚

本研究評估餌料生物滋養方式，由等鞭金藻 (*Isochrysis aff. galbana*)、牟氏角毛藻 (*Chaetocero muelleri*)、擬球藻 (*Nannochloropsis oculata*)、周氏扁藻 (*Tetraselmis chui*) 4 種微藻滋養輪蟲，分析其營養成分，結果以等鞭金藻及牟氏角毛藻共同滋養 2 小時後即能有效優化輪蟲之 EPA 及 DHA 含量 (圖 2)。綜合而言，本研究已建構黑鰓從種魚捕獲、減壓、運輸、蓄養到受精卵孵化與餌料生物滋養的核心技術流程，並累積完整生物學資料庫，為推動人工繁殖產業化及海域資源增裕奠定重要基礎。

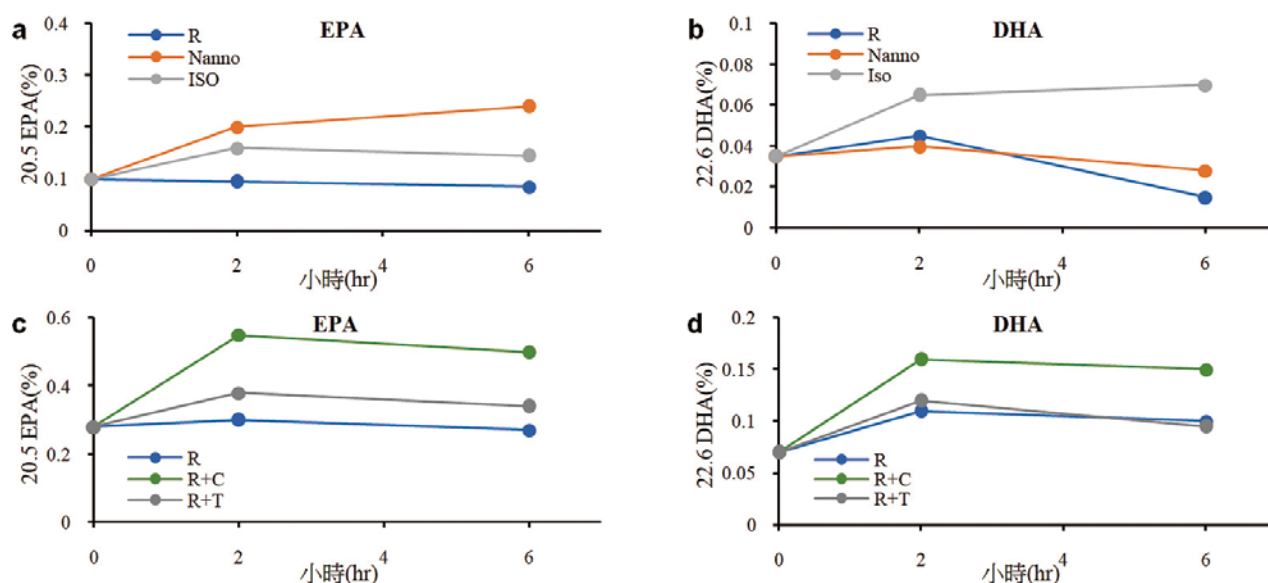


圖 2 輪蟲分別以等鞭金藻 (ISO) 及擬球藻 (Nanno) (圖 a 及 b)、牟氏角毛藻 (R+C) 及周氏扁藻 (R+T) (圖 c 及 d) 滋養 2 及 6 小時後，與對照組 (R) 之長鏈不飽和脂肪酸 EPA 及 DHA 含量變化

臺灣西南海域長腰鮪生殖與繁養殖技術基礎調查

何珈欣¹、李彥宏²、翁進興¹、吳伊淑¹、鄭力綺¹、蔡欣諫²、黃婉綺¹、杜瑞娟¹

¹ 沿近海漁業生物研究中心、² 東港養殖研究中心

長腰鮪 (*Thunnus tonggol*)，英文名 Longtail tuna (圖 1)，屬鯖科鮪屬，為熱帶及亞熱帶沿近海重要經濟性鮪類魚種，廣泛分布於臺灣周邊海域，尤以東部及澎湖海域為主要漁場。長期以來，長腰鮪屬洄游性魚類、活魚捕撈與蓄養困難，國內在人工繁殖與種原保存技術上仍有明顯限制，亟需結合生殖生物學與繁養殖技術建立完整基礎。



圖 1 長腰鮪 (*Thunnus tonggol*)

本研究於 2020 – 2025 年間共採集 875 尾 (雌魚 424 尾、雄魚 451 尾)，針對臺灣西南海域長腰鮪進行生殖生物學調查，並同步發展繁養殖技術。雌魚生殖腺成熟階段顯示，成熟與排卵後個體主要集中在於 5 – 7 月 (圖 2)，顯示此為本海域主要繁殖高峰期為晚春至夏季，為親魚成熟度最高、最適合進行人工繁殖操作之關鍵資訊。

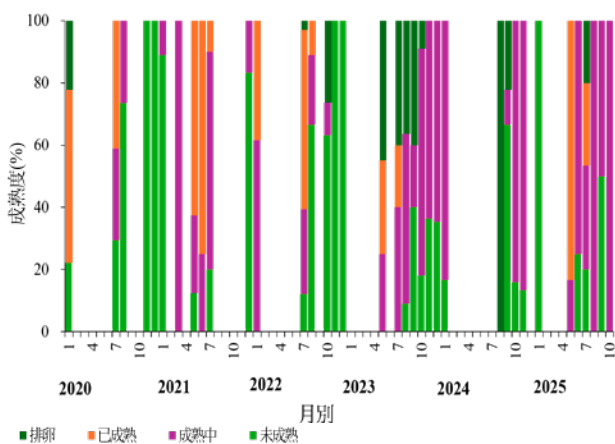


圖 2 雌性長腰鮪成熟期月別變動

性成熟體長分析顯示，雌魚 50% 性成熟體長 (L_{50}) 為 49.9 cm 尾叉長 (圖 3)，顯示當魚體達

約 50 cm 以上時，多數個體已具備繁殖能力，此一指標可作為人工繁殖親魚選擇與管理之重要依據，避免過小個體投入繁殖作業而影響成功率。

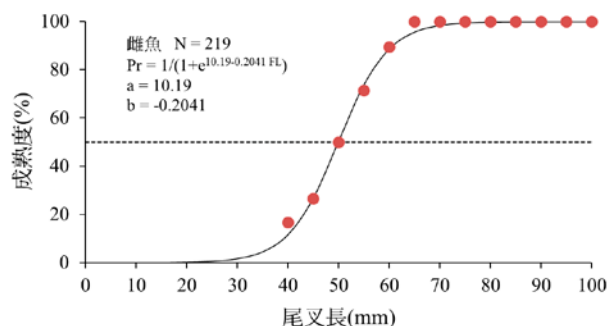


圖 3 長腰鮪雌魚 50% 性成熟體長

在親魚管理方面，本研究建立以曳繩釣為基礎之活魚採捕流程，有效降低捕撈過程中之緊迫反應，並提升野生親魚蓄養後之存活率。

在精子保存技術方面，本研究同步建立長腰鮪精子之短期冷藏與凍結保存流程，並以精子活動比例 (motility ratio) 與游動時間作為評估指標。短期冷藏試驗結果顯示，經適當稀釋後之精液於冷藏條件下仍可維持精子活力，其中以 DMEM-F12 作為稀釋液之處理組表現最佳，精子活動比例於冷藏 2 – 3 天後仍可維持約 20 – 30%，顯示可有效延長海上採精後之可用時間。精子冷凍保存技術之建立，不僅可突破天然繁殖季節與野外採精時序之限制，亦可有效保存優良親魚之遺傳資源，作為未來人工授精之重要工具。透過精子庫之建置，可提升繁殖作業之彈性與成功率，並降低對野生族群之持續採捕壓力。

綜合而言，本研究將長腰鮪之生殖特性與繁養殖技術緊密結合，建立親魚管理、繁殖季節判定與精子冷藏及凍結保存之基礎技術架構，為未來人工授精、種苗培育及長期種原保存提供重要科學基礎，亦有助於促進長腰鮪資源之永續利用。

大棘大眼鯛繁殖增裕之研究

李彥宏¹、賴繼昌²、陳陽德¹、蔡欣諫¹、李奕昀¹、黃維能¹、徐華遜²

¹東港養殖研究中心、²沿近海漁業生物研究中心

大棘大眼鯛 (*Priacanthus macracanthus*) 漁獲量於 1996 年達最高峰的 7,386 公噸後，遂開始逐年減少，直至 2024 年時漁獲量僅餘約 185 公噸，為亟需進行資源復育的目標魚種之一。本研究針對野外大棘大眼鯛繁殖週期進行採樣，建立釣捕及蓄養培育成種魚技術，並探討最佳精子冷藏及冷凍及雌魚催熟條件。

本研究以拖網採集樣本，精子冷藏條件實驗以測定精液滲透壓，篩選適合 4°C 冷藏條件的精液稀釋液。結果顯示，大眼鯛精液的等滲透壓範圍約 283 – 404 mOsm/kg，以 DMEM/F12 稀釋精液於 1:1 與 1:2 以及氯化鈉水溶液稀釋精液於 1:1 稀釋，精子活力表現較佳 (圖 1)。

精子凍結保存實驗部分，添加低濃度抗凍劑 (5%)，皆可獲得良好精子活存率，其中以 DMEM/

F12 稀釋精液 (1:1) 搭配 PG 最佳 ($52 \pm 6.63\%$)。凍結保存 1 天後，精子活存率以 DMEM/F12 搭配 5% PG (1:1 稀釋， $60 \pm 11.55\%$) 以及氯化鈉水溶液搭配 5% PG (1:1 稀釋，50%) 為佳。凍結保存 1 週後，精子活存率為 40 – 45%；1:2 稀釋，40%，凍結保存 1 個月後，精子活存率為 $30 \pm 5.77\%$ 。

大眼鯛生殖季為 2 – 6 月，於 4 月達最高值。卵巢發育屬於非同時發育型。挑選卵徑大於 500 μm 之雌魚，注射魚用絨毛膜激性腺激素 200 IU/kg，約 4 – 8 小時後，輕推擠腹部，泄殖孔可排出透明卵，以新鮮精液進行人工授精，受精率 $88.64 \pm 1.74\%$ 。受精卵為單油球浮性卵，卵徑 $670.13 \pm 0.30 \mu\text{m}$ 、油球直徑 $143.67 \pm 0.13 \mu\text{m}$ ，在水溫 28°C 環境下，18 小時 30 分鐘孵化，新生仔魚全長 $1.536 \pm 13.93 \mu\text{m}$ (圖 2)。

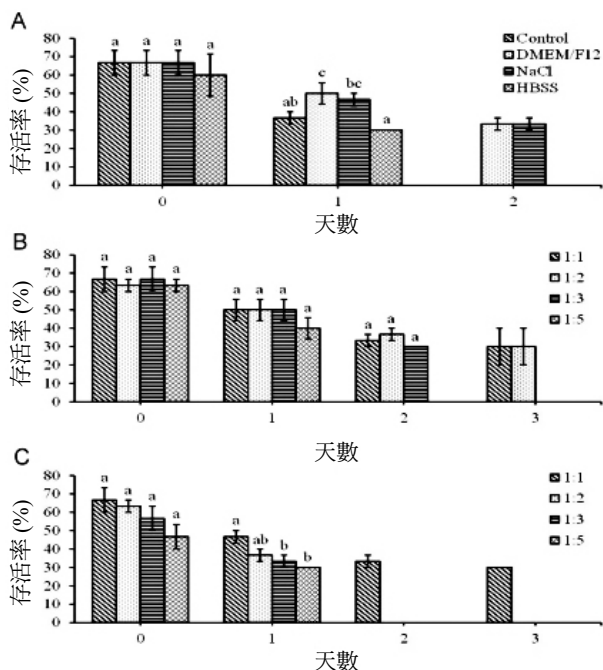


圖 1 大眼鯛精液與 3 種稀釋液 (4 種稀釋比例) 之精子活存率變化

A：未稀釋精液與使用 3 種稀釋液之稀釋精液於冷藏環境下精子活存率變化。B：冷藏環境下以精液與 DMEM/F12 按 4 種比例之精子活存率變化。C：冷藏環境下以精液與氯化鈉水溶液按 4 種比例之精子活存率變化



圖 2 受精卵在水溫 28°C 下發育過程

a：受精卵；b：2 細胞期；c：4 細胞期；d：8 細胞期；e：16 細胞期；f：32 細胞期；g：64 細胞期；h：桑葚期；i：囊胚期；j：原腸期 (開始)；k：原腸期 (結束)；l：胚體形成期；m：心搏期；n：胚動期；o：孵化前期；p：仔魚孵化。左下方為受精後耗費時間，圖中比例尺為 100 μm

海雞母笛鯛繁殖養殖技術開發

邱俊豪、江偉全
東部漁業生物研究中心

海雞母笛鯛 (*Lutjanus rivulatus*) 屬高經濟價值魚種，每公斤達新臺幣 800 – 1,200 元，目前無人工養殖，學術研究多為漁業資源調查，並有研究指出其為成長緩慢且易受到棲地破壞而影響，是需要漁業管理之種類。養殖研究極少，馬來西亞沙巴大學 (Universiti Malaysia Sabah) 一篇碩士論文利用催熟激素注射後取得胚胎，進行發育研究及開口餌料試驗，研究指出此魚種魚苗開口口徑小，具有偏好性攝食，喜小於輪蟲之纖毛蟲、矽藻等食源，魚苗在孵化後 10 日內具有高死亡率。迄今研究僅於胚胎階段，無完整養殖相關研究。

本研究採集 155 筆海雞母笛鯛樣本進行生殖生物學分析，體長體重曲線圖顯示雌魚及無法分辨性別樣本多集中分佈於尾叉長 40 cm、3 kg 以下；雄魚多為大型魚體，以趨勢線顯示，雌魚肥滿度較高，呈左移現象 (圖 1)。生殖腺指數 (GSI) 顯示雌性 (0.10 – 0.40) 大於雄性 (0.03 – 0.13)，且比重較重期間發生於 6 – 8 月，推測夏季為繁殖期。笛鯛科魚類多為雌雄異體，目前沒有研究指明海雞母笛鯛為雌雄異體或雌雄同體，印度 Central Marine Fisheries Research Institute (CMFRI) 於 2010 年發布一則消息，發現一樣本中生殖腺同時具有精巢與卵巢的狀況，本研究顯示體型大的樣本多採樣為雄性，故此物種之性別變化仍有探討空間。

種魚收集與培育：本 (114) 年度捕獲 20 尾種魚，其體長 (尾叉長 FL) 29.8 – 46.8 cm；體重 0.5 – 2.3 kg，體型偏小，活魚運輸溫度應控制於 28℃ 以下，方可有效減少運輸中之緊迫，否則魚體會排出大量黏液於運送用海水中。與純氧打氣產生大量氣泡影響水質，運輸存活率高。因為此魚種為底棲型魚類，多以一支釣捕獲，越大體型者越棲息於深海中，導致拉鉤時壓力急遽變化致腹部腫大及脫鉤時，抓取魚隻使體表易受傷，在後續檢疫觀察期有

高死亡率，後已尋找高配合度漁船進行緩慢拉鉤、配戴手套等措施以提高活存率。培育方面可純攝食生鮮鯉魚肉，培育期間以蝦副產物與生鮮鯉魚肉混合投餵，顯示具選擇性攝食，偏好甲殼類作為食源。養殖期間穩定生長，水溫監測顯示，此物種能耐受 20.3 – 32.5℃ (平均溫度 26.8℃)，於 25℃ 以下可觀察其攝食率顯著下降 (11 – 4 月)。

因無法利用擠壓腹部方式獲得精液，故採取解剖後浸泡於稀釋劑 Hank's balance salt solution (HBSS) 進行震盪將精液析出，探討 3 種抗凍劑二甲基亞砜 (DMSO)、丙二醇 (PG) 及甘油 (Glycerol) 於濃度 10、15、20% 進行凍存後，再以海水激活鏡檢觀察其相對精子激活率 [(新鮮精液精子活力 - 試驗組精子活力) / 新鮮精液精子活力 × 100%] (圖 2)，顯示 DMSO 具最佳相對激活率達七成以上，丙二醇亦有良好保存效果達五成以上，顯示此兩種抗凍劑可作為海雞母笛鯛精液冷凍保存使用。

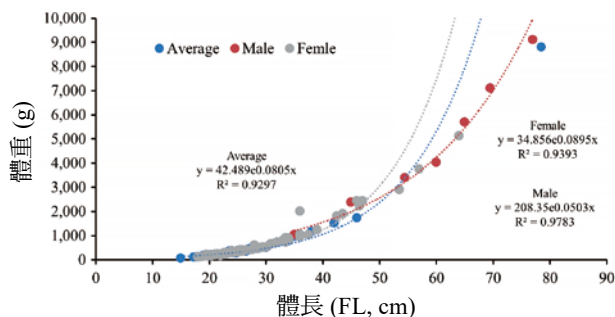


圖 1 海雞母笛鯛體長體重曲線圖

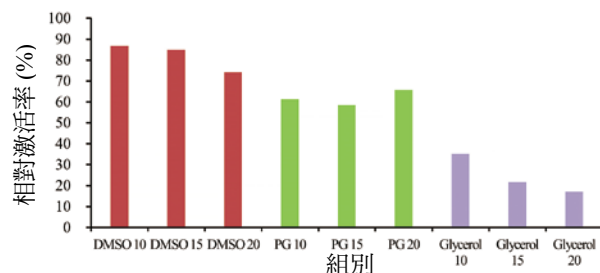


圖 2 凍存後精子相對激活率

赤點石斑種魚培育及幼苗生產技術研發

許鐘鋼、劉素華、劉高文、蘇繼忠、郭聿瑋
澎湖漁業生物研究中心

本研究以澎湖地區之野生赤點石斑 (*Epinephelus akaara*) (圖 1) 為對象，旨在建立其生殖生物學基礎資料，作為未來種魚養殖與魚苗繁殖技術研發之依據。赤點石斑魚為西北太平洋沿岸重要高經濟魚種，然近年因過度捕撈導致資源量銳減，市場價格高且漁獲稀少，凸顯發展人工養殖技術之必要性。



圖 1 赤點石斑

由於臺灣目前尚無赤點石斑養殖業者，本研究首先透過漁民與魚販訪談，以掌握澎湖傳統漁場及漁獲季節。自馬公第三漁港活魚與冰鮮魚貨蒐集檢體，量測全長、體重與生殖腺重，計算生殖腺指數 (GSI) 與肥滿度，並擇樣本進行卵巢組織切片觀察卵母細胞發育階段。試驗期間共檢測 56 尾個體，其中以體重 500 – 1,999 g 者為多數 (圖 2)，雌魚比例極高。結果顯示，體重 1,000 g 以上雌魚之 GSI 在 3 月前後較高，之後逐月下降，推測較大個體之主要生殖季約在初春。卵巢組織切片結果顯示，3 – 4 月採樣之 1,000 g 以上雌魚卵巢中，可同時觀察到初期卵母細胞 (PG)、皮質泡期 (CA)、卵黃形成初期 (EV)、中期 (MV) 及後期 (LV) 等多期卵母細胞共存，且以卵黃形成後期卵母細胞數量與體積最大，顯示卵巢已進入卵黃形

成中後期並接近成熟，具備進行種魚催熟與誘發產卵之條件 (圖 3)。

在種魚收集部分，本研究記錄到延繩釣獲造成之減壓傷害與吞鉤問題，使整體活存率僅約 11%。

綜言之，本研究釐清澎湖地區野生赤點石斑之體長與體重之結構、生殖腺指數季節變化及卵巢發育階段特徵，證實春季大體型雌魚多處於卵黃形成中後期，為建立種魚催熟時機與後續人工繁殖技術的重要參考基礎。

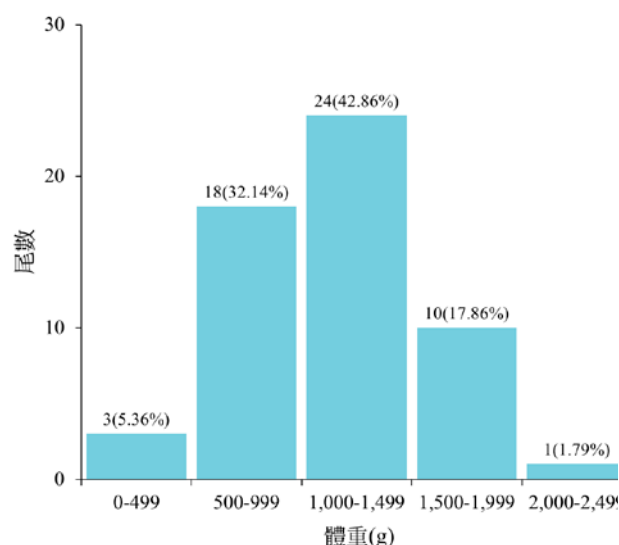


圖 2 2025 年野生赤點石斑之 GSI 檢測體重分布

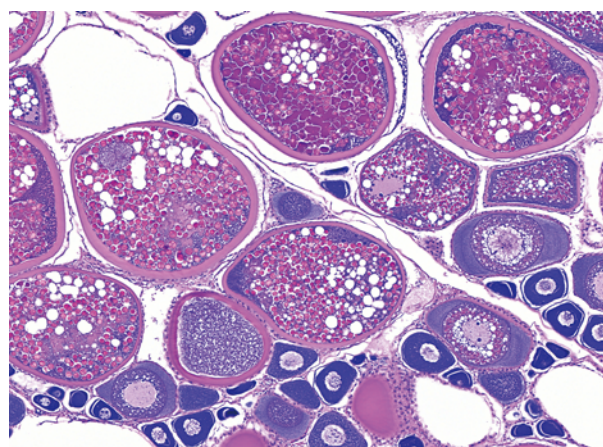


圖 3 赤點石斑卵巢已接近成熟，適合進行人工催熟

澎湖淺蜆、鏽斑蟳及瑪拉巴石斑增裕技術之研究

蘇柏維、謝易叡、陳東本、陳彥愷、黃志弘、何寬昊
澎湖漁業生物研究中心

本計畫針對淺蜆 (*Tapes literatus*)、鏽斑蟳 (*Charybdis feriatus*) 及瑪拉巴石斑 (*Epinephelus malabaricus*) 進行種原蒐集、種貝蓄養與人工種苗培育等相關試驗。淺蜆種貝底質試驗結果顯示，砂礫混合底質之活存率 (95%) 顯著高於珊瑚沙組 ($85.0 \pm 2.9\%$) ($p < 0.05$)，而黑沙組 (90.0%) 與前述兩組間則無顯著差異。在冬季低水溫 (平均 16°C) 環境下，採行每週升溫 $1 - 2^{\circ}\text{C}$ 、連續 8 週之促熟處理可促進種貝性腺發育成熟。幼生培育試驗顯示 (圖 1)，在初夏平均水溫 26°C 下，淺蜆幼生之發育達被面子幼生 (pediveliger) 階段所需時間為 11 日，較春季 (13 日，平均 22°C) 及冬季

(18°C) 為短；沉降 (settlement) 亦僅需約 15 日，低於冬季所需之 24 日，顯示高溫環境可促進幼生生長與變態。

鏽斑蟳幼生培育結果顯示 (圖 2)，在 $27 - 30^{\circ}\text{C}$ 之水溫下，於不同規模之室內與室外育苗池 (20、60、200 公噸) 均可成功培育至 Zoea VI 階段。各 Zoea 階段發育時間約為 2 - 3 日，Zoea I 至 Zoea VI 之總歷時為 15 - 16 日；於室內 60 公噸育苗池中，自 Zoea I 發育至大眼幼生 (megalopa) 則需時約 17 日。此外本計畫亦完成 4 尾瑪拉巴石斑種魚之蒐集與蓄養，作為後續人工繁殖與苗種量產之重要種原基礎。

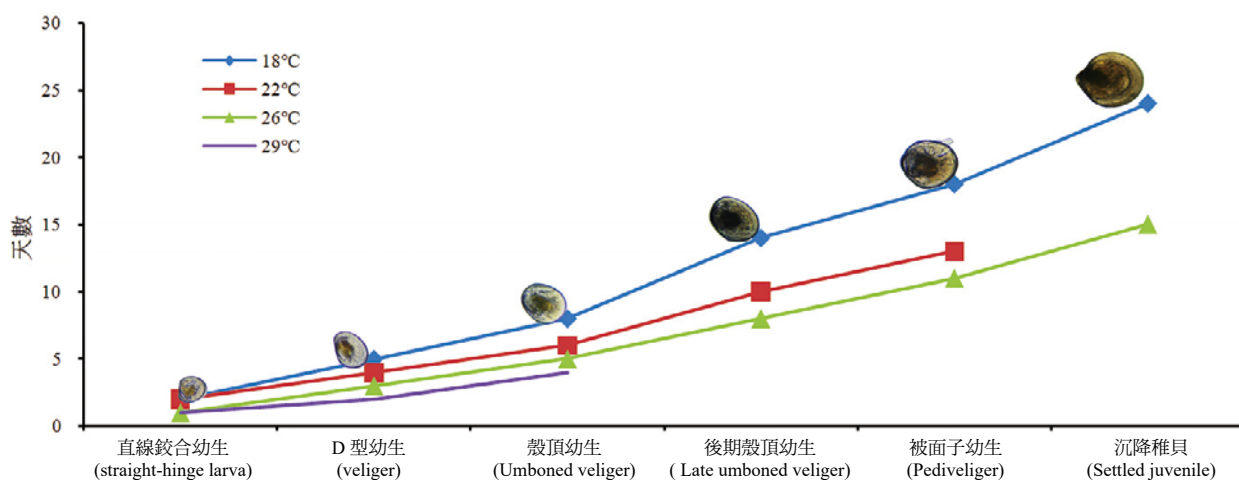


圖 1 淺蜆幼生於不同季節環境溫度下發育至各階段所需日數比較

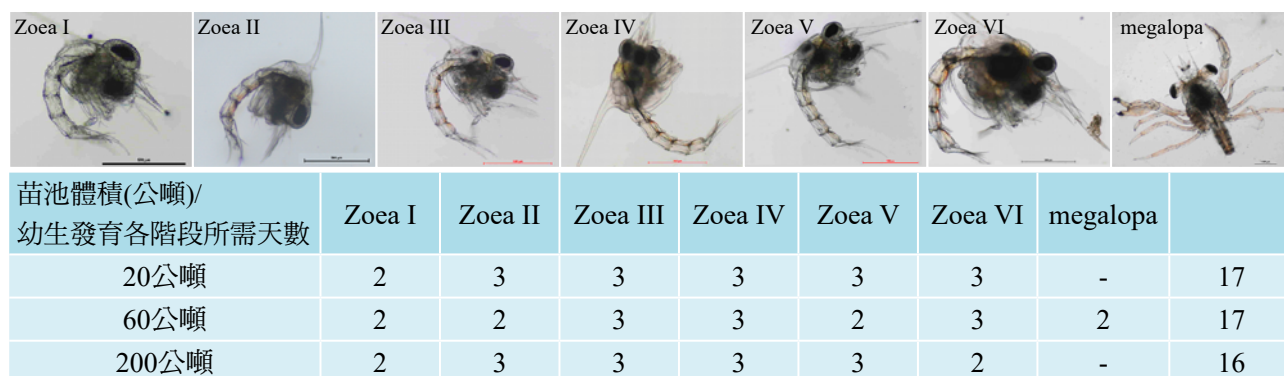


圖 2 鏽斑蟳浮游期幼生各階段發育型態，及不同水體設施條件下培育至各階段所需日數比較

三、淨零排放與漁業碳匯技術及效益評估研究

離岸風機場域與漁場之共生經營模式研究— 臺中及彰化地區刺網樣本戶漁業調查

胡家維、蔡孟昌、張可揚
海洋漁業組

雲彰隆起海域已為離岸風力發電重要風場，大量風機基樁及相關結構物的建置，可能改變該場域漁場環境。臺灣西部海域主要漁場生態為沙泥生態系，風機基樁也可能創造新棲地。本研究為了解雲彰隆起漁獲物種群聚變化，收集自 2018 – 2024 年臺中及彰化地區共 20 戶刺網樣本戶漁撈日誌，了解該海域風機建置前後漁獲物種變動，利用單位努力漁獲量 CPUE 盒鬚圖了解年別及月別變化，CPUE 單位為平均每船捕獲漁獲量 (kg/boat)。分析結果顯示臺中及彰化地區在年別中沒有顯著差異，而月別亦沒有顯著差異，觀察月別趨勢可以發現臺中在冬季的 1 月有較高的 CPUE，而彰化地區並沒有月別的趨勢變化 (圖 1)。

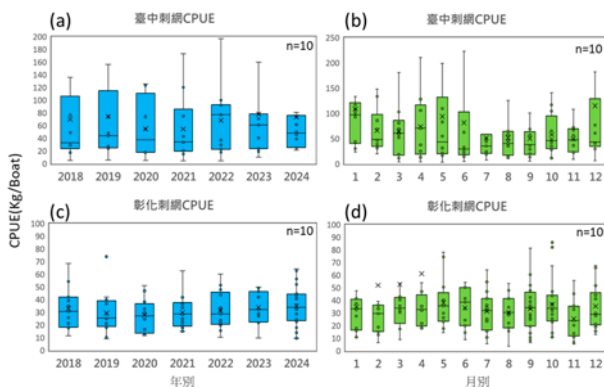


圖 1 臺中及彰化刺網樣本戶 CPUE 年別及月別變化 (a、b 為臺中；c、d 為彰化)

透過 nMDS 群聚分析結果顯示，彰化與臺中地區漁獲物種組成具有差異性，臺中地區較彰化地區物種組成變化小，雖然 2024 年彰化地區的漁獲物種組成具有變化，但整體顯示具有顯著縣市別差異，而不具有年間差異 (year group: $R = -0.254, p > 0.86$; county group: $R = -0.844, p < 0.05$) (圖 2)。

進一步觀察臺中地區漁獲物種群聚結果顯示，年間無顯著差異，但季節上具有顯著差異，整體組成變化較大 (year group: $R = -0.034, p > 0.05$; season group: $R = -0.577, p < 0.05$)；彰化地區漁獲物種群聚結果顯示，年間無顯著差異，但季節上具有顯著差異，相較於臺中地區，該海域漁獲組成較為相近 (year group: $R = 0.092, p > 0.05$; season group: $R = -0.387, p < 0.05$) (圖 3)。

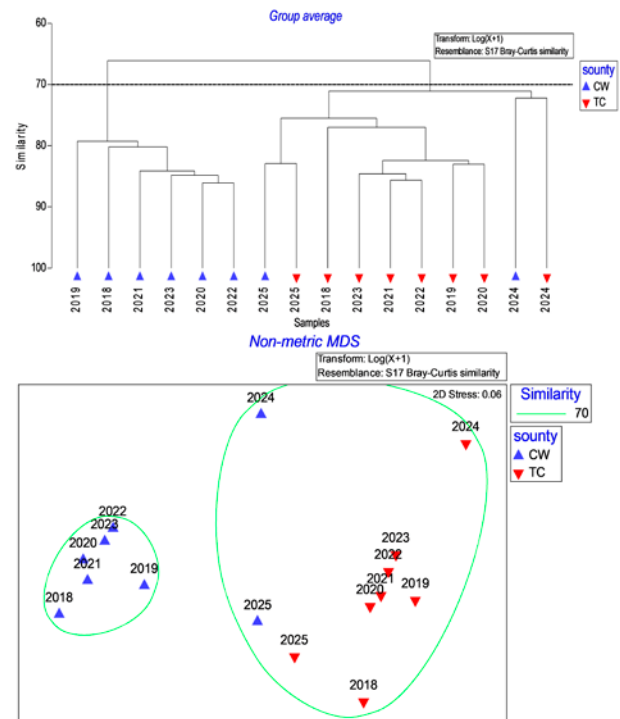


圖 2 臺中 (TC) 及彰化 (CW) 地區樣本戶漁獲物種 nMDS 群聚分析

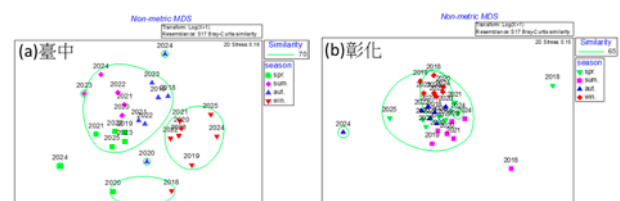


圖 3 漁獲物種 nMDS 群聚分析季節變化 (a: 臺中地區；b: 彰化地區)

海洋人工表層藻場增匯技術及碳排係數研究

潘佳怡¹、任昊佳²、藍揚麒³、陳彥賓¹、周立進⁴、何東垣⁵、黃毓瑄⁵、張至維⁵、
陳凱樂²、李佳佳²、陳安²

¹ 海洋漁業組、² 國立臺灣大學、³ 沿近海漁業生物研究中心、

⁴ 國家海洋研究院、⁵ 中央研究院環境變遷研究中心

本計畫於苗栗風場建置海洋人工表層藻場，發展大型藻類養殖及量測二氧化碳封存力來評估大型藻類作為我國碳匯之效益。本計畫執行 3 年期間已進行 12 種大型藻類養殖試驗，結果顯示本海域水文與營養鹽具強烈季節性，對藻類生長影響顯著。今年試驗 5 種大型藻類，其中錯綜麒麟菜為今年新成功養殖之藻種 (9 - 10 月特定生長率 SGR 為 $0.413\% \text{day}^{-1}$) (圖 1)。目前累計養殖成功之大型藻物種包含長莖葡萄蕨藻、粗龍鬚菜、粗硬毛藻、錐尖擬紅翎藻及錯綜麒麟菜等。

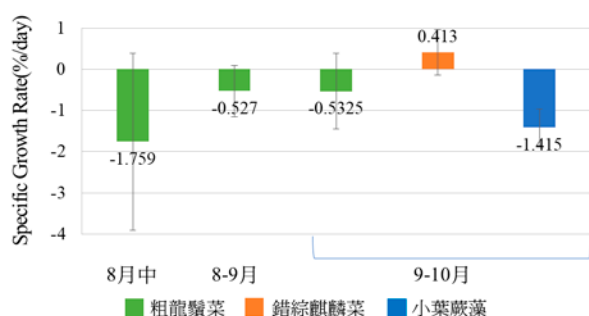


圖 1 粗龍鬚菜、錯綜麒麟菜及小葉蕨藻成長比較 (上)；粗龍鬚菜 (左下) 及錯綜麒麟菜 (右下) 現場收成

2024 年已完成大型藻類產生之顆粒態有機碳 (POC) 於海中分解情形之實地試驗。2025 年為進一步了解溶解態有機碳 (DOC) 之封存潛力，在實驗室以苗栗風場表層海水養殖大型藻類進行培養實驗，量測大藻釋放 DOC 速率及無光條件下 DOC 分解速率，取得連續 120 天數據。3 種藻類產生的初始每晝日 DOC：小葉葡萄蕨藻約 180

μM 、粗龍鬚菜與粗硬毛藻為 $80 - 110 \mu\text{M}$ ，經 20 天後剩 20 - 40%，30 天後剩約 10%，120 天後 90 - 100% 會被分解，其中以小葉葡萄蕨藻保留比例最高。優先被移除的溶解性有機物 (DOM) 結構較接近含氧碳水化合物，而殘留累積的 DOM 較偏脂質類。綜上顯示，海藻釋放 DOC 中僅極少部分能轉化為可長期封存的碳庫 (圖 2)。

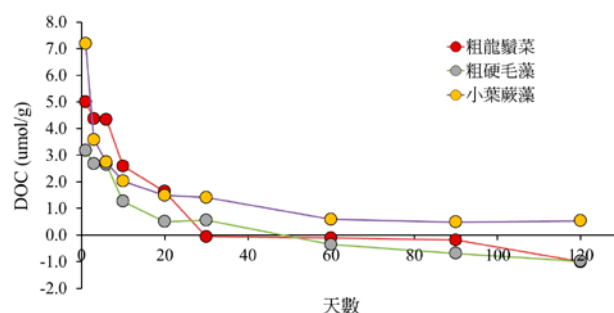


圖 2 單位重量大藻產生之 DOC

今年進一步開發以同位素 C/N 比值判定海藻沉積物技術取代人力判別，可供未來相關研究利用。藻體元素分析顯示，粗龍鬚菜與麒麟菜含碳比例 (C%) 較高，且 C/N 比值較大，在低營養鹽環境下仍能累積結構性碳，更有利於碳封存。不同藻種耐環境差異大，麒麟菜為目前最具碳匯潛力的養殖藻種，粗龍鬚菜次之。長莖葡萄蕨藻生長快速且具高經濟價值，錐尖擬紅翎藻次之且具高營養價值，兩者雖屬外來種，但考量其養殖藻體若脫離後將沉入海中並快速分解之特性，仍適合作為本海域產業替代開發物種。此外，試驗期間大量生物聚集，在藻場發現蟹類等多種經濟生物幼生。春夏期每 5 g 粗龍鬚菜可發現超過 300 隻端足類 (低階分解者)，顯示藻場可提供攝食與避敵棲所，兼具生態復育與漁業增益之效益。

建立臺灣養殖漁業碳排係數(III)

李曜辰¹、梁晏甄¹、謝淑秋²、楊少鈞³、李明燦¹、謝豐群¹、胡依婷²、楊順德¹、朱永桐²、林幸助³

¹淡水養殖研究中心、²海水養殖研究中心、³國立中興大學

隨著全球對氣候變遷議題的重視，各國陸續建立國家溫室氣體排放清冊報告，以掌握不同產業對環境的影響。水產養殖為我國重要產業，然而過去缺乏對於水產養殖過程溫室氣體排放之本土系統性量測資料。本計畫以建立水產養殖漁業的本土溫室氣體排放係數為核心目標，透過養殖現場實際量測，逐步掌握不同養殖物種在整個養殖週期中所產生的溫室氣體排放情形，作為精進後續國家溫室氣體清冊、減碳政策與養殖管理精進的重要基礎。

本研究針對海水養殖之龍虎斑、淡水養殖之淡水長臂大蝦 (*Macrobrachium rosenbergii*) 及尼羅吳郭魚 (*Oreochromis nilotica*) 養殖週期溫室氣體碳排量測。依據不同物種的主要養殖縣市，於嘉義、臺南及屏東等地選擇具代表性之養殖場域，配合業者養殖及曬池等不同階段，記錄養殖池水體與池底土壤之溫室氣體排放情形，並蒐集養殖管理相關資訊，確保排放資料能反映實際養殖操作條件。

結果顯示，不同養殖物種與養殖環境之溫室氣體排放存在差異。整體而言，淡水養殖系統之

排放以甲烷為主，而海水養殖系統則以氧化亞氮排放為主，同時魚類及甲殼類溫室氣體排放區間亦有所不同 (表 1)。此外比較養殖階段及曬池階段溫室氣體排放之差異，也發現曬池階段為養殖魚塢主要的溫室氣體排放高峰期 (圖 1)。

本 (114) 年度已完成三種重要水產養殖物種之溫室氣體排放量計算，初步建立水產養殖溫室氣體之排放係數，填補我國溫室氣體排放研究缺口。本計畫成果除可精進國家溫室氣體排放清冊報告外，相關數據也可作為後續減排技術開發之基線情境。本研究將持續累積溫室氣體排放資料，逐步完善我國養殖漁業溫室氣體排放基礎數據。

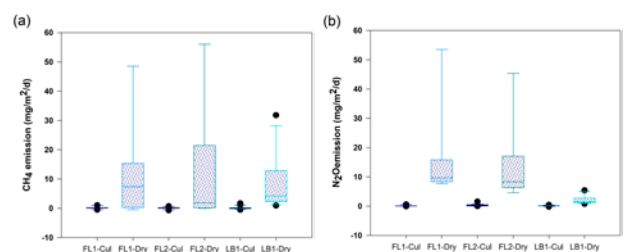


圖 1 龍虎斑養殖魚塢養殖階段 (水體與大氣介面) 和曬池階段 (土壤與大氣介面) 之甲烷 (CH₄) 排放量 (a) 及氧化亞氮 (N₂O) 排放量 (b)

表 1 不同單位下養殖漁業排放係數

	甲烷排放係數		氧化亞氮排放係數	
	值	單位	值	單位
淡水 長臂大蝦	1407.56 ± 909.88	kg CO ₂ e ha ⁻¹ yr ⁻¹	338.50 ± 244.02	kg CO ₂ e ha ⁻¹ yr ⁻¹
	0.02 ± 0.02	kg CO ₂ e per kg of production	0.11 ± 0.10	kg CO ₂ e per kg of production
尼羅吳郭魚	2609.37 ± 1035.66	kg CO ₂ e ha ⁻¹ yr ⁻¹	999.91 ± 633.12	kg CO ₂ e ha ⁻¹ yr ⁻¹
	0.02	kg CO ₂ e per kg of production	1.22 × 10 ⁻³	kg CO ₂ e per kg of production
龍虎斑	122.53 ± 37.74	kg CO ₂ e ha ⁻¹ yr ⁻¹	1028.23 ± 168.49	kg CO ₂ e ha ⁻¹ yr ⁻¹
	0.0063 ± 0.0021	kg CO ₂ e per kg of production	0.051 ± 0.025	kg CO ₂ e per kg of production

溫暖化潛勢 (Global Warming Potential) 引自IPCC第五次評估報告；甲烷：28，氧化亞氮：265

建置文蛤碳盤查電子表單

楊一男、江偉全
東部漁業生物研究中心

因應氣候變遷衝擊加劇與全球淨零排放趨勢推進，碳管理已逐漸成為水產業永續發展與市場競爭力的重要基礎之一。臺灣水產養殖產業以中小規模生產者為主，其中文蛤養殖不僅具有高度在地性與經濟重要性，更是沿海漁村社區之關鍵產業。然而，相較於工業部門或大型企業，基層養殖端在碳排放資料蒐集、管理工具建置及相關制度理解方面，仍普遍面臨資料分散、填報門檻偏高，以及缺乏標準化工具等實務挑戰。

本計畫即以此現況為出發點，選擇文蛤作為示範物種（圖 1），建置文蛤碳盤查電子表單，作為銜接產地實務操作與碳管理制度之基礎工具，協助生產者、輔導單位及政策制定端建立一致、可累積且具可比性的碳排放資料基礎。本計畫完成電子表單一式，其設計架構參考國際生命週期評估（life cycle assessment, LCA）方法學、產品碳足跡量化標準（ISO 14067），以及環境部產品類別規則（product category rules, PCR）等相關規範，並對應國內淨零政策方向與水產養殖管理實務，將文蛤養殖過程中主要碳排放來源加以系統化拆解，轉化為可實際填報之具體項目。



圖 1 文蛤吐沙

電子表單內容依據產品生命週期五大階段進行設計，涵蓋養殖場基本資料、生產規模與養殖

週期、投入資材使用情形（如苗種、飼料或底質管理資材）、能源與燃料及用電情形、運輸行為，以及產出量與副產品處理方式等關鍵資訊，並依「資源／能源／原物料／輔助項／排放／副產品／殘留物」等類別加以細分，使文蛤產品自苗種投入至最終廢棄處理之主要碳排放來源皆能被系統性盤點，避免系統邊界不足問題。在設計原則上，本計畫強調操作友善性與實務可行性，透過電子化表單介面、明確欄位說明及填報範例提示，降低生產者填報門檻，使養殖戶得以在不影響日常作業的前提下完成基礎碳盤查資料填寫，同時逐步理解養殖流程中各項活動與碳排放之關聯性，辨識潛在排放熱點與減碳空間，促進碳管理概念於產地端之內化與實踐。因此，表單採用「活動數據 × 排放係數」之標準計算架構，於各項目中明確區分活動數據（用量、時間、距離、重量等）、排放係數（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{單位}$ ）、全球暖化潛勢值（GWP）及其資料來源（如碳足跡資訊網、官方資料或科學文獻），並設置備註欄位說明計算假設、資料來源與特殊使用情境（如停電期間啟用柴油發電機等），以提升盤查結果之一致性、可審查性與可追溯性，作為後續碳足跡計算與分析之重要基礎。

本計畫成果預期可支援多項後續應用，包括文蛤產品碳足跡初步試算、低碳或友善養殖模式示範推動、區域或產業別碳排結構分析，並作為農業部研擬與滾動調整水產淨零政策及相關配套措施之實證基礎。透過逐步累積之電子化盤查資料，亦可作為未來銜接碳標示、永續驗證或因應國際市場規範之準備。同時，本計畫已輔導 3 案水產品陸續送交環境部辦理碳標籤申請作業，實際驗證文蛤碳盤查電子表單於產地端之可操作性與制度銜接潛力，並為後續推廣至其他養殖物種奠定實務基礎。

水產品淨零排放暨永續發展知識推廣及碳管理輔導(III)

楊一男、江偉全
東部漁業生物研究中心

隨著極端氣候事件對全球水產業發展帶來的衝擊日益加劇，水產生產體系正面臨環境風險升高、市場規範趨嚴與經營不確定性擴大的多重挑戰。為回應此一趨勢，農業部近年來積極推動水產業各分項永續發展與淨零轉型相關的政策與行動，期能在確保產業韌性與糧食安全的同時，逐步引導產業邁向低碳與永續發展。

本計畫以聯合國永續發展目標為核心宗旨，強調透過氣候科學導向的管理工具、制度設計與產業創新，引導生產者與相關利害關係人形成具可行性且具誘因的減碳行動路徑。計畫自 2023 年起執行，逐步累積跨部門、跨領域的協作經驗，並在產、官、學、研與民間團體的共同參與下，形塑臺灣水產業具在地特色的淨零轉型知識體系。

2025 年本計畫持續主辦或協辦淨零轉型相關推廣活動共計 11 場次 (表 1)。活動規劃因應各縣市差異化的產業結構、自然條件與人文社會脈絡，並透過與地方政府、研究機構、大專校院、產業團體及非政府組織之跨域合作，進一步強化水產業多元行動網絡中各類利害關係人的參與 (圖 1)。活動主題涵蓋氣候風險與漁業保險、低碳漁村之實地參訪與體驗、青年氣候對話、氣候變遷與食物價值鏈、海洋永續與 ESG 發展論壇、藻類生態與氣候變遷、水產高階碳管理實務、浮游植物生態與沿海養殖調適、海水養殖產品碳足跡計算，以及貝類養殖之低碳轉型路徑等多元面向。

同時，本計畫亦持續深入臺灣各主要水產地進行實地訪視與輔導，累積足跡遍及基隆市、新北市、桃園市、臺中市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺南市、高雄市、屏東縣、臺東縣、花蓮縣及宜蘭縣等地區，累計完成 37 家以上水產企業或生產者之訪視。透過貼近現場的對話與分析，

協助業者盤點碳排放結構、辨識減碳熱點，並因應不同規模與經營型態，研擬具體可行的淨零轉型與競爭策略，以兼顧產業永續發展與實質經濟效益。

藉由各界的專業投入與來自現場民眾的實務智慧，讓臺灣水產業的淨零轉型與永續發展逐步在產地、海岸、漁村的日常中慢慢被實踐。

表 1 2025 年主辦或協辦淨零暨永續發展活動一覽表

活動日期	活動名稱	舉辦地點
02/25	氣候風險與養殖水產保險之研究	水產試驗所(基隆)
05/03	低碳漁遊：參訪藍碳與低碳漁村	屏東縣車城與枋寮
05/14	2050淨零未來：青年如何成為國家氣候政策的推動者	國立臺東大學
05/21	水產永續與食魚教育推動	彰化區漁會
06/27	海洋環境×社會×治理 ESG永續發展論壇	國立高雄科技大學
07/12-13	淨零綠生活：氣候變遷與藻類學	嘉義縣東石鄉
07/15	水產碳管理進階班	網路(線上)
07/31	氣候變遷與沿海養殖：從浮游藻類生態學視角	南市區漁會
08/05	水產品碳足跡課程：養殖海水魚產品碳足跡計算指南	林邊區漁會
09/25	淨零路上文蛤能缺席嗎？	彰化王功



圖 1 2025 年主辦或協辦淨零轉型相關推廣活動

臺灣本島海草復育及高效率增植技術建立

許嘉閔¹、洪澍薇¹、陳高松²、江偉全¹

¹東部漁業生物研究中心、²技術服務組

為呼應「2050 淨零轉型」政策，本計畫採取產學研公私協力模式推動，由水試所與嘉義大學、宜蘭大學、嘉南藥理大學、東海大學及台灣橫濱八景島公司 (Xpark 水族館)，共同組成「海草復育聯盟」協力合作 (圖 1)。各單位分別在海草培育技術、組織培養研發、生態監測、教育推廣及展示應用等面向貢獻專業能量，共同打造海草復育與藍碳教育的合作平台，展現跨領域合作的新典範。

海草床不僅是魚蝦蟹貝類幼生的重要育成棲

地，也是過境候鳥的重要覓食及棲息地，更是因應氣候變遷「自然解方 (Nature-based Solution)」的核心要素。

本所將持續結合地方與民間力量，讓鹽田再生為藍碳熱點，開創漁業永續與氣候行動的新篇章。這項成果是臺灣首次將自動化設備導入海草復育實務，對於提升復育效率與標準化流程具指標性意義 (圖 3 - 4)。團隊將持續進行系統優化與現地監測，評估不同底質環境的操作表現，建立可量化的復育成效評估機制。



圖 1 本所與多所大學及企業共同成立「海草復育聯盟」，象徵公私協力守護海洋



圖 2 研究團隊操作自動移植機進行鹽草復育，展現機械化技術成果



圖 3 鏈狀紙穴苗盤育成的貝克氏鹽草苗株生長茂盛，成為穩定苗源



圖 4 嘉義廢棄鹽田轉為海草復育示範區，展現生態重生與藍碳潛力

海草復育無性生殖技術提升與精進

冼宜樂、許思婕、楊子泰、鐘冠翔
澎湖漁業生物研中心

海草復育以「根狀莖法」種植海床上，輔以「覆蓋法」(圖1)，阻隔生物擾動，記錄到干擾的物種包括螺貝類7種、蟹類3種、棘皮動物1種與魚類6種等。經120日海草移植後植株脫落率為0%，覆蓋率從9.4%增加至45.9%，擴散率在種植40日後已有向外擴散現象，120日所種的1 m²的海草已擴增為4 m²；未採用「覆蓋法」經

50日後脫落率高達73.3%、覆蓋率從9.4%降至5.5%、擴散率為0%(圖2)。

從結果顯示，海草移植並輔以「覆蓋法」之作業操作容易，可有效降低海草苗的脫落率、提升覆蓋率與擴散，並達到海草快速修復與復育之目的。建議無論以無性生殖的海草苗或是以種子所培育的海草苗在移植時，應輔以「覆蓋法」。

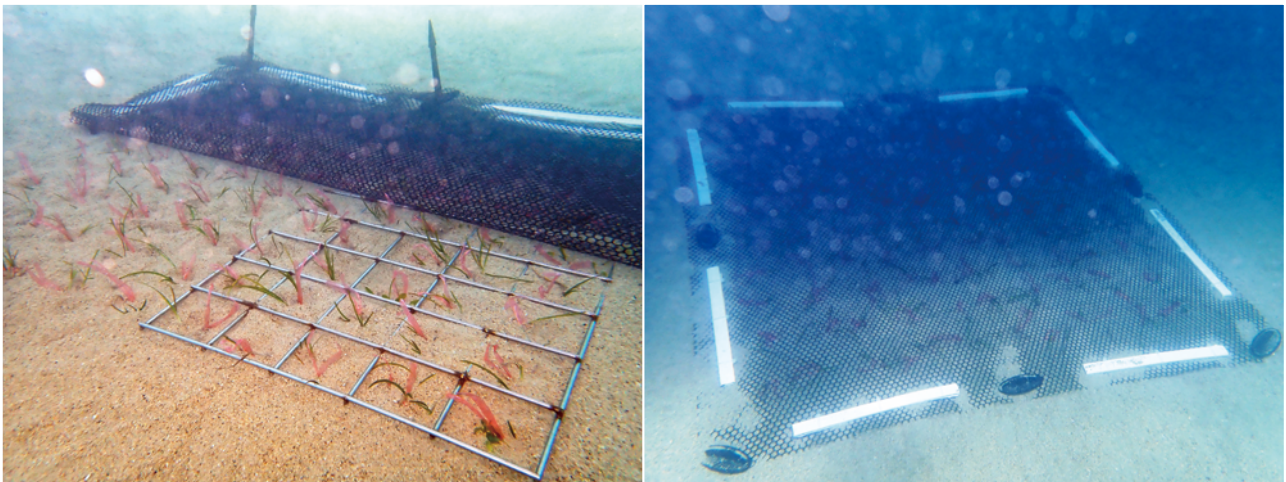


圖1 以根狀莖法移植海草後(左)在以輔具萬年網片加以覆蓋固定(右)

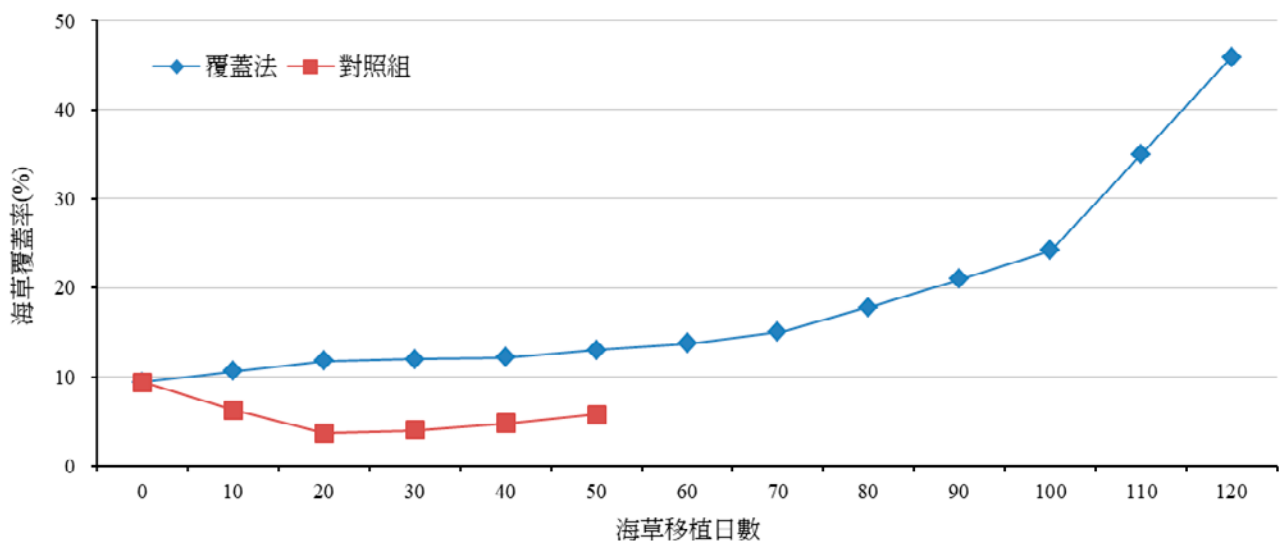


圖2 海草移植使用「覆蓋法」與「對照組」之覆蓋率變化比較

四、剩餘資源循環再利用與建置示範場域

建置嘉義縣好美里文蛤殼再利用示範場域

張家豪、高堂穎、蔡慧君
水產加工組

嘉義縣布袋鎮好美里漁村以文蛤養殖為主，面積約 700 公頃，養殖戶佔當地人口八成。近年因極端氣候，每年產生約 500 公噸廢棄文蛤殼，隨意堆置造成惡臭與環境污染。為解決此問題，本研究旨在開發文蛤殼再利用，可應用於養殖池底質改良劑及研究其他高值化利用，期望同時改善環境並促進地方產業。

於好美里養殖池設置示範場域，試驗組有全燻燒殼粉組、半燻燒殼粉組、生石灰組及對照組，試驗期間追蹤池水與底土 pH 值，測定底土易氧化物 (EOM) 與耗氧量 (SOD)，以比較不同改良劑之效果。結果顯示全燻燒殼粉能顯著提升池水與底土 pH 值，並在第 3 天水質 pH 提升至 8.3 (圖 1)，第 10 天底土 pH 達最高值 8.3，優於半燻燒與生石灰組 (圖 2)。EOM (圖 3) 與 SOD (圖 4) 的檢測亦顯示全燻燒殼粉能顯著降低底土中易分解有機物含量與耗氧量，促進底質環境穩定化。推測其作用機制為高溫燻燒後生成氧化鈣，具強鹼與吸附性，可中和酸性有機物並吸附溶解性碳源。

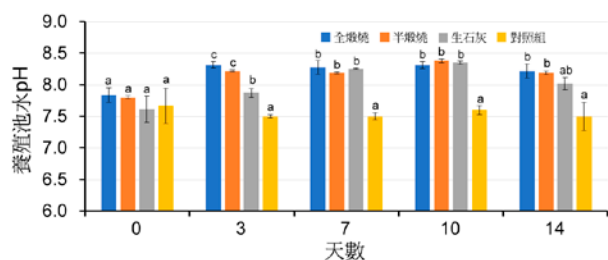


圖 1 不同底質改良劑對養殖池水 pH 之變化

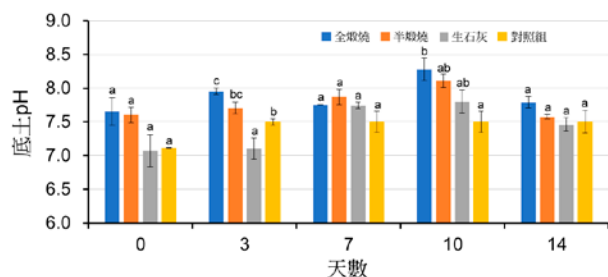


圖 2 不同底質改良劑對養殖池底土 pH 之變化

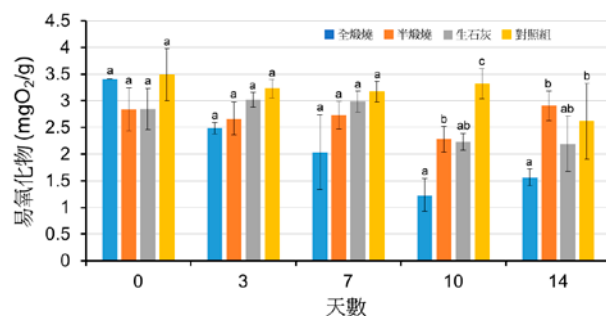


圖 3 以不同底質改良劑對養殖池底土易氧化物之影響

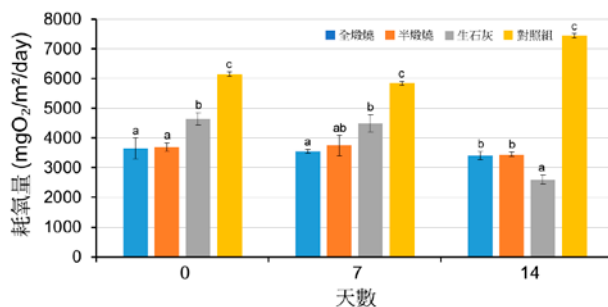


圖 4 以不同底質改良劑對養殖池底土耗氧量之影響

燻燒文蛤殼粉除可改善底土外，亦具高值化潛力，優化配方的自發性熱源包能快速升溫並減少原料用量 33%。另透過模造技術亦能製成兼具擴香功能的文創品 (圖 5)。

本研究證實，經高溫燻燒的文蛤殼為有效底質改良劑，優於市售生石灰，可改善養殖池水質與底土並降低耗氧壓力。延伸應用於自發熱源包與文創品，展現多元價值，不僅解決廢殼堆置問題，亦促進養殖永續、地方創生與產業發展，符合循環經濟與永續目標。



圖 5 利用文蛤殼開發自發熱源包與文創產品

澎湖牡蠣殼粉水下應用技術發展與推廣計畫

呂逸林、張庭睿、謝恆毅
澎湖漁業生物研究中心

澎湖為臺灣重要的牡蠣養殖區，每年在地消費產生約 1,900 公噸廢棄牡蠣殼，惟受限於島嶼環境與經濟條件，尚缺乏有效之在地循環利用途徑。另一方面，澎湖珊瑚礁生態系亦因人為活動與全球環境變遷影響而逐漸退化。現行珊瑚復育多以水泥或金屬製作人工礁體，搭配珊瑚斷枝移植，然可能衍生珊瑚群聚遺傳多樣性降低及人造材料高碳排等問題。

本所以牡蠣殼粉結合鹼激發膠結技術，研發水下復育應用材料。該技術主要材料利用循環工業資材爐石和鹼製成，具低碳排等環境友善特性，研究發現部分材料物理強度優於傳統水泥。本所利用鹼模數比 ($\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$) 與鹼當量 (Na_2O 佔爐石

重量百分比) 為主要調控參數，開發 12 種材料配方，每一種配方牡蠣殼粉用量均超過 70%。

試驗結果顯示，鹼模數比較高之材料具較高抗壓性與較短凝結時間，但流動性較差；而較低鹼模數比配方流動性佳，抗壓性較低。相關材料做成 $12 \times 12 \text{ cm}$ 附著板進行珊瑚生殖附苗試驗，結果 12 種配方均有珊瑚附苗 (圖 1)，其中最佳配方平均著苗數為 22.00 ± 14.18 個 (圖 2)。統計分析顯示，鹼模數比對珊瑚著苗之影響高於鹼當量。

此外，本研究依澎湖潮間帶與亞潮帶環境需求，設計 3D 列印與模造礁體 (圖 3)，並透過辦理民眾工作坊推廣牡蠣殼資源循環利用，促進地方環境教育與永續發展 (圖 4)。

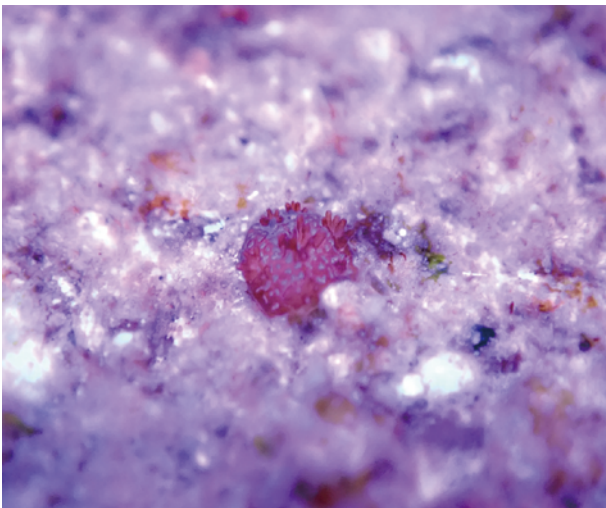


圖 1 附著發育的珊瑚蟲個體

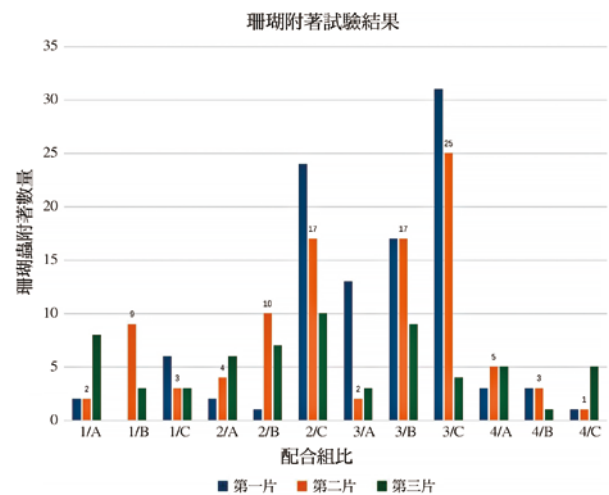


圖 2 2 個月後不同配比附著板著苗珊瑚數量



圖 3 潮間帶礁體設計列印情形



圖 4 辦理 3 場次工作坊推廣牡蠣殼資材應用

五、水產繁養殖模式及技術開發

因應天災停電之水產養殖及種原庫韌性能源建構與緊急供電規劃

梁晏甄¹、黃侑勛²、楊順德¹

¹淡水養殖研究中心、²東部漁業生物研究中心

壹、重要研究成果

隨著氣候變遷加劇，極端天氣所導致之停電風險隨之提高，對於高度仰賴電力的水產養殖與種原保存構成威脅。傳統僅能依賴柴油發電機之備援模式，易受燃料供應、人力操作與設備故障限制，難以因應長時間停電情境。因此，本研究結合綠能、節能養殖設備與多元備援之韌性能源系統，提供強化養殖現場災後能源韌性與能源自主性的策略。

本計畫於淡水養殖研究中心完成以光電即發即用為核心之養殖用自電自用能源系統建置與實地驗證，整合節能養殖設備（電力需求約 4 kWh）、太陽能光電系統（5 kW）、市電、儲能系統（20 kWh）及備援發電機（10 kW），建立可於正常與停電情境下運作之多元供電架構。系統透過 AC/DC 雙電源控制器進行能源調度，優先使用光電即時供電，並於光電不足時由儲能或備援電力補足，以確保養殖設施穩定運作（圖 1）。

實測結果顯示，光電系統日均發電量隨季節變化，由冬季約 12 kWh/d 提升至夏季約 25 kWh/d，整體輸出表現穩定。在相同光電裝置容量下，透過節能養殖設備，可支援之水車數量較傳統提升約 1.75 倍，顯著提高單位綠電使用效益。

此外，以丹娜絲颱風為例，造成嘉南地區局部電網受損，長達 7 日停電；惟依據中央氣象局災後資料顯示，災後首日白天仍存在連續日照區間，全天空日射量於中午形成明顯峰值；7 日尺度分析亦顯示，日射量於短暫波動後迅速回升。此結果顯示，此次災後期間仍具可利用之日射量，可支持光電系統於災後停電情境下仍具即時供電之可行性。

為強化災害應變與遠端管理能力，本研究同步建置無線區域網路及不斷電系統，整合智慧控制、監測與監視功能，使養殖現場於停電情境下

仍可即時掌握設備運轉與供電狀態，提升管理效率並降低人力風險。

在成果推廣方面，本計畫透過實地交流活動，向養殖業者及學界說明養殖用韌性能源模組之設計理念與實務效益。2025 年 12 月於本中心辦理養殖協會參訪活動與講習，並至大專院校進行成果分享，累計參與人數約 60 人（圖 2）。透過現場示範與交流，有助於提升養殖業者對再生能源與節能設備於養殖應用之理解與接受度。

總和言之，本研究提供「節能優先、創能補足、儲能與備援輔助」之養殖韌性能源配置策略，具備實際可行性與推廣潛力，可作為未來水產養殖場域及國家級水產生物種原庫因應氣候變遷與電力不穩定之重要技術參考。



圖 1 韌性能源養殖光電自電自用模組之裝置設置圖



圖 2 推廣活動（含彰化養殖協會與大專院校等）

小型脂鯉科阿氏霓虹脂鯉量產技術研發

蕭玉晨、陳念慈、陳冠如、楊順德
淡水養殖研究中心

阿氏霓虹脂鯉 (*Paracheirodon axelrodi*) 又稱紅蓮燈，為全球交易量名列前茅之淡水觀賞魚，年交易量高達數千萬尾，長年位居國際市場熱門物種。以美國為例，每月銷售量可達 200 萬尾；臺灣方面，依關稅總局統計，2020 – 2023 年淡水觀賞魚進口總值逾 2,800 萬元，其中阿氏霓虹脂鯉進口量約 130 萬尾，佔淡水觀賞魚進口量約四成，顯示其市場需求穩定且具高度經濟價值。

阿氏霓虹脂鯉原生於南美洲亞馬遜流域黑水河系，主要棲地包括巴西內格羅河上游、哥倫比亞南部與委內瑞拉西南部之奧利諾科河上游，早期多仰賴野外捕撈，主要出口國為巴西與哥倫比亞。然而近十年因棲地縮減、包裝與運輸成本上升，加上出口品質管理不穩定，南美野生魚供應量與品質皆明顯下降。雖野生個體仍具價格優勢與體色評價，但長期依賴捕撈所造成之產量與品質不穩定，已促使人工繁殖技術成為產業發展關鍵。

臺灣在阿氏霓虹脂鯉市場長期以進口販售為主，但受印尼等地緣競爭影響，產業發展相對被動。因此，建立完整且可量產之繁殖與育苗技術，作為自產自銷與技術轉移之基礎，為本所重要研究目標。本中心於 2022 – 2024 年進行系統性試驗，涵蓋人工黑水蛇製備、水質震盪刺激、配對模式比較、親魚營養管理與魚苗發育紀錄，建構具重複性與產業應用價值之繁養殖流程。

研究結果顯示，阿氏霓虹脂鯉雌雄於體型與體色上具有明顯差異，可透過背腹曲線與體側藍色條紋形態進行有效辨識，並結合卵母細胞直徑與養殖日齡篩選高品質親魚，以提升卵質與孵化率。配對策略對繁殖表現影響顯著：群體配對具最高總產卵量但受精率偏低；單對配對之受精率最高且產卵穩定；多雄組則因雄魚壓迫導致繁殖表現最差 (圖 1)。

水質試驗顯示，短時間內同步降低 pH 與導電度之複合刺激，可有效誘發求偶與產卵行為，與亞馬遜黑水河系雨季前期水文化學變化相符，顯示該物種保有高度環境感受能力 (圖 2)。此外，即使在恆溫條件下，涼季仍呈現較高受精率與孵化率，反映其具內源性生殖節律。搭配改良集卵裝置，可降低人力需求與魚卵損失，提升整體操作效率。

綜合而言，量產策略建議可依生產目標選擇單對或群體配對，並結合水質震盪控制與親魚營養管理，以建立高效率且具商業應用潛力之阿氏霓虹脂鯉繁殖系統。

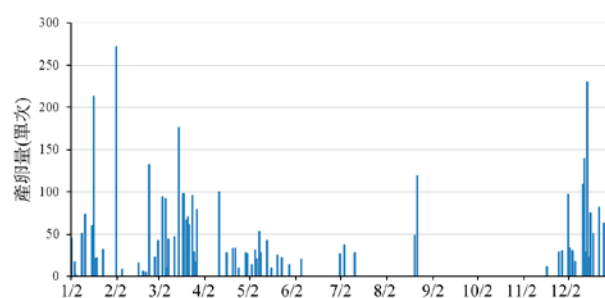


圖 1 阿氏霓虹脂鯉全年繁殖頻率

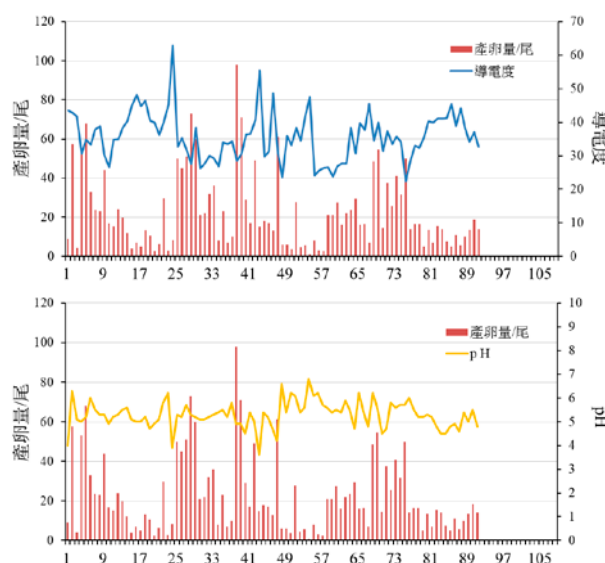


圖 2 阿氏霓虹脂鯉繁殖及水質調控條件變化

臺灣蜆標準化養殖技術開發

李曜辰、李明燦、陳雨農、楊順德
淡水養殖研究中心

近年臺灣東部養殖蜆育成表現不穩定的問題影響產業的經營。為回應養殖現場需求，本 (114) 年度以養殖參數更新及養殖技術優化為主軸，透過系統化試驗，檢視不同養殖條件下蜆之成長與活存表現，釐清養殖管理與蜆成長活存之關聯，作為養殖技術調整之基礎資訊。

養殖參數實驗利用不同粒徑之介質 (大粒徑組 (LS)、中粒徑組 (LMS)、小粒徑組 (SMS)、砂質組 (SS)、粒徑混和組 (CS) 及無底質組 (NS)) 進行試驗。結果顯示，底質條件對亞洲蜆之成長與活存表現具有明顯影響 (圖 1、2)。在具適當底質條件下，蜆之成長表現與活存情形較為穩定，顯示底質性質為影響育成表現的重要養殖基礎條件之一。在本試驗設定之放養密度 (250、500、750 顆 /m²) 範圍內，幼蜆之成長與活存未呈現顯著差異。

除了比較不同養殖參數與蜆成長活存之關聯外，亦比較不同養殖操作條件長期對蜆的影響。結果顯示藻類濃度與蜆的成長及活存無正相關。後續針對環境藻相進行分析，結果顯示藻類濃度與藻類多樣性並無正相關。藻類多樣性提高增加亞洲蜆偏好的藻種出現頻率，因此僅單以水中葉綠素甲濃度或懸浮固體濃度等藻類濃度參數無法

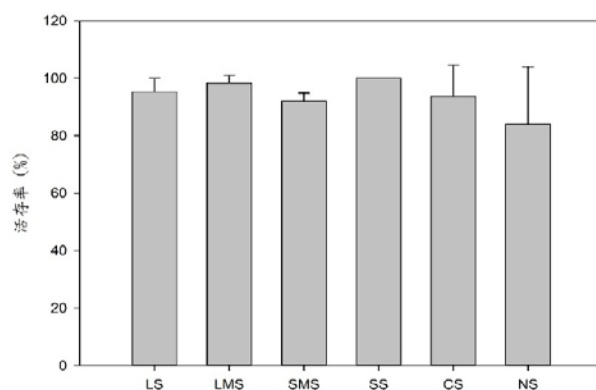


圖 2 不同粒徑介質對亞洲蜆活存率之影響

直接判斷養殖魚塭條件是否適合蜆利用，需搭配其他環境參數才能正確判斷。

實驗過程同時發現，蜆的殼形特徵反映養殖環境條件差異，具備輔助評估成長狀況之潛力。在環境因子不適合蜆成長，甚至導致蜆的成長受到抑制時，蜆的殼重比及殼長 / 殼高比會明顯改變，當環境改善時才會回復。

本年度研究測試不同底質條件與放養密度對亞洲蜆之影響，探討藻類濃度及藻類多樣性與亞洲蜆的成長及活存之關聯，並發現亞洲蜆殼形受環境因子影響而改變。相關成果提供養殖技術建立與管理判讀之實證基礎資訊，作為後續養殖條件調整與技術優化之參考。

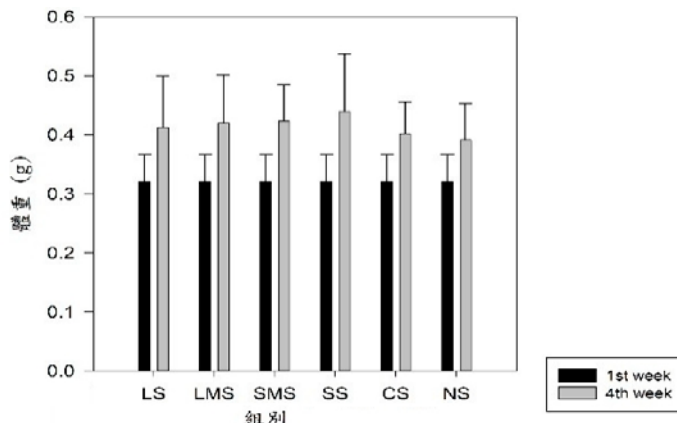
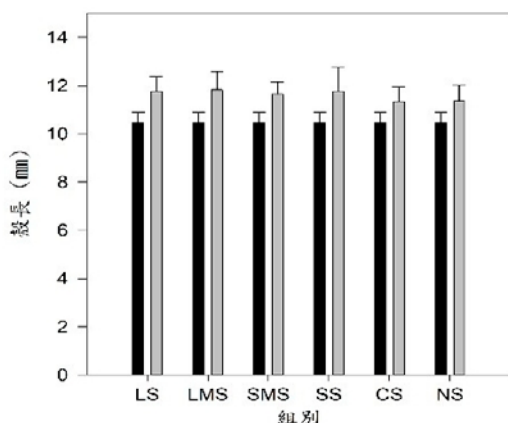


圖 1 不同粒徑的介質對亞洲蜆成長之影響，測試不同粒徑的介質對亞洲蜆殼長 (左) 及體重 (右) 生長之影響

大口湯鯉種苗生產技術開發

陳冠如、陳富美、陳念慈、阮文淵、莊凱婷、楊順德
淡水養殖研究中心

大口湯鯉 (*Kuhlia rupestris*) 是臺灣原生魚類，棲息於清澈且水流快速的溪流環境，是許多溪流釣友心中的夢幻魚種。其外觀亮麗、活動力強，在市場上屬高經濟性魚種。近年因自然環境變動及族群量不穩定，推動大口湯鯉人工繁殖與魚苗培育技術，已成為強化本土養殖產業與面對氣候變遷的重要方向。

在國際上大口湯鯉因其觀賞與食用兼具且可適應淡、海水雙環境，引起部分學者關注。Hutchison 等研究團隊已能人工生產大口湯鯉魚苗，雖似尚未達到商業規模，但顯示其具備朝向人工繁養殖的潛力。然而，臺灣目前尚無成功且可再現的大口湯鯉人工繁殖紀錄，仍需在親魚培育、水質管理及繁殖生理等方面投入研究，特別是野生魚苗不易取得的背景下，更顯示人工苗種

量產技術的重要性。

本研究之前試驗雄魚可於人為蓄養環境中穩定成熟，顯示大口湯鯉具備在室內環境下建立親魚庫的可行性。本次大口湯鯉繁殖試驗，透過人工催熟與繁殖操作 (表 1)，累計獲得雌魚產卵總量逾 70 萬粒，其中受精卵約 20 萬粒 (圖 1)，顯示親魚養成與人工繁殖技術逐漸成熟。受精卵經孵化，目前已成功孵化約 8 萬尾魚苗 (圖 2)；孵化後魚苗雖短暫活存數天，但在孵化後觀察到魚苗攝食行為，且在消化道內可見餌料生物殘留，表示魚苗已進入外源攝食階段，為後續培育奠定基礎。未來將持續優化魚苗養成流程，包括提升餌料生物培育等，以提高魚苗活存率並建立穩定的魚苗生產模式。

表 1 大口湯鯉種魚注射激素誘導繁殖結果

批次	日期	性別比例	產卵情況	產卵量(粒)	上浮卵比例(%)	孵化魚苗	孵化魚苗數(尾)
1	1140217	2 ♀ 3 ♂	下沉卵	≒200,000	≒0	無	0
2*	1140303	3 ♀ 4 ♂	上浮卵	≒220,000	≒10	有	≒10,000
3**	1140407	1 ♀ 3 ♂	上浮卵	≒300,000	> 50	有	≒50,000
4	1140512	1 ♀ 3 ♂	上浮卵	-	-	有	≒15,000

2*：(1)誘導產卵改用鮭魚腦下垂體；(2)雌魚2尾人工採卵、授精

3**：二次注射

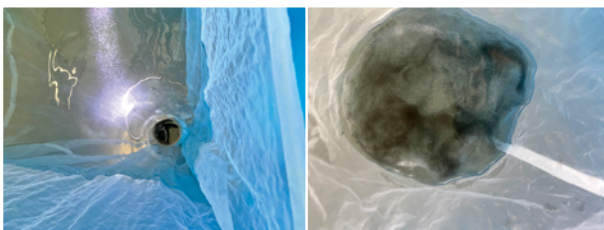


圖 1 集卵網中大口湯鯉受精卵樣態 (左：受精卵上浮；右：受精卵聚集中)

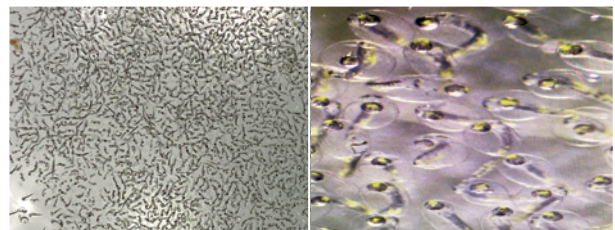


圖 2 大口湯鯉孵化中的魚苗 (左：魚苗浮於水表面；右：剛孵化魚苗具大型卵黃囊)

國產金目鱸安全生產體系之建構

陳建彰¹、黃淑敏²、謝豐群¹、劉佩姣¹、蘇慧敏¹、楊順德¹

¹淡水養殖研究中心、²水產養殖組

金目鱸 (*Lates calcarifer*) 養殖近年受氣候變遷、苗源差異與病原壓力影響，育苗與養成階段疾病風險升高，顯示建立系統化生物安全體系之迫切性。本研究以國產金目鱸產業鏈之關鍵節點為對象，建構由種苗、餌料生物、水源至養成環境之風險監測與消毒管理架構。全年完成培苗場 2 場、育成監測場 3 場與臨時請託 7 場，共計 46 場次監測服務，累積檢測 226 件病例樣本。

運用病毒核酸定量方法分析魚體樣品，巨大細胞虹彩病毒陽性場檢出率為 17.39% (8 場次)，神經壞死病毒陽性場檢出率為 10.87% (5 場次)；水中樣品巨大細胞虹彩病毒陽性場檢出率為 4.35% (2 場次) 與神經壞死病毒陽性場檢出率為 0% (圖 1)。

培苗場之魚體樣本主要檢出細菌為維隆氣單胞菌 (*Aeromonas veronii*)、親水性產氣單胞菌 (*Aeromonas hydrophila*)、發光桿菌 (*Photobacterium damsela* subsp. *damsela*) 與霍亂弧菌 (*Vibrio cholerae*) 為主，檢出率分別為 70% (7 場次)、40% (4 場次)、20% (2 場次) 與 10% (1 場次) (圖 2)；其中餌料生物所檢出之細菌與魚體中檢出細菌為相同，主要為維隆氣單胞菌、親水性產氣單胞菌，可能藉由餌料生物傳播病原。

育成場之魚體樣本主要檢出細菌為奴卡氏菌 (*Nocardia seriolae*)、維隆氣單胞菌、霍亂弧菌、親水性產氣單胞菌、產黃桿菌屬 (*Flavobacterium* spp.) 與發光桿菌為主，檢出率分別為 52.78% (19 場次)、38.89% (14 場次)、36.11% (13 場次)、30.56% (11 場次)、22.22% (8 場次) 與 11.11% (4 場次) (圖 2)。此外，池水中普遍存在產黃桿菌屬、維隆氣單胞菌、霍亂弧菌及奴卡氏菌等細菌。

比較不同消毒方式對餌料生物菌數抑制效果。結果顯示，各處理組皆可顯著降低菌數 ($p <$

0.001)，其中 UV 具最穩定且高效之抑菌能力，過硫酸氫鉀、過醋酸及二氧化氯之效果則隨菌屬而異。此外為有效降低環境中奴卡氏菌，體外試驗顯示，二氧化氯 (5 ppm) 能抑制奴卡氏菌，殺菌率達 90.88%。

金目鱸生物安全生產體系之核心架構，強調「水源污染控制、餌料生物潔淨管理、病原定期監測與消毒流程」，為降低病毒及複合性細菌感染風險之關鍵。可作為推動產業端生物安全制度化與永續養殖之科學依據，並為後續風險管理與技術優化提供實務基礎。

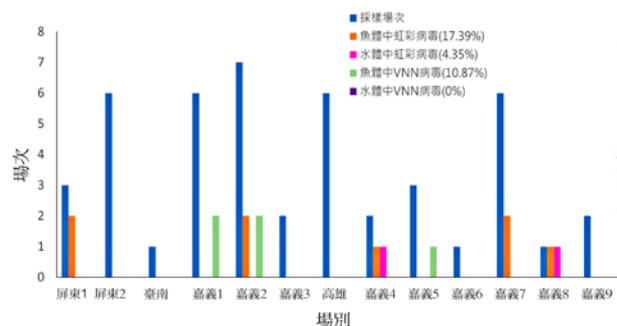


圖 1 國產金目鱸監測場暨服務場病毒性病原陽性場檢出情形

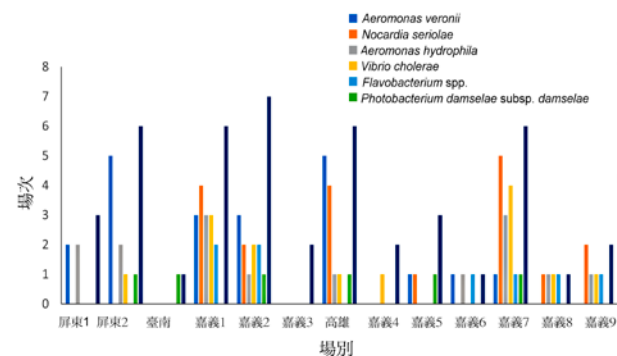


圖 2 各監測場域之採樣場次與魚體樣本中主要優勢細菌的檢出頻率

提升臺灣養殖蜆抗逆境耐受性之研究(II)

黃瀛生¹、李曜辰¹、郭裔培²、康世霖¹、李明燦¹、楊順德¹

¹淡水養殖研究中心、²國立臺灣海洋大學

近年受氣候變遷影響夏季高溫事件頻率與強度增加，加上降雨模式改變，高水溫已成為臺灣淡水養殖的重要風險因子。本研究首先針對不同品系亞洲蜆之發育階段進行比較（圖 1），以確認試驗所使用之 COM、WW 與 WP 品系在形態發育上具一致性，作為後續生理與養殖試驗之基礎。在高溫耐受性評估方面，本年度透過溫控試驗比較不同溫度條件下蜆體之生理反應，結果顯示在高溫條件下，除活存率變化外，亦伴隨免疫相關

基因與抗緊迫蛋白表現的調節反應，顯示蜆體對高溫環境之耐受性，除表現在活存外，亦涉及生理機制的調適。

針對現行養殖品系進行長期升溫試驗，以界定其溫度閾值。結果顯示，當水溫高於 31°C 後，活存率呈現明顯下降趨勢，顯示該溫度區間為養殖風險顯著升高之臨界點，可作為高溫期間養殖管理與後續試驗設計之參考門檻。

在實際養殖條件下，於試驗場域內進行 16 週長期活存觀察，結果顯示，WW 與 WP 品系之整體活存表現優於現行養殖品系（圖 2），顯示前期篩選之耐高溫特性，可延續至實際養殖環境中，有助於提升養殖穩定性。相較之下，現行養殖品系之活存表現變異較大。

本 (114) 年度同步進行不同品系蜆肉一般成分分析，結果顯示，不同品系於蛋白質、脂質及灰分含量無明顯差異，顯示耐逆境特性之導入，並未對蜆體商品性造成不利影響。

綜合本年度成果，前期所篩選之耐高溫潛力品系，已由實驗層級進展至實際養殖場域之長期驗證，並同步建立高溫風險管理之參考門檻。後續將持續累積不同環境條件下之生理與養殖資料，作為耐逆境品系應用與養殖管理調適之基礎。

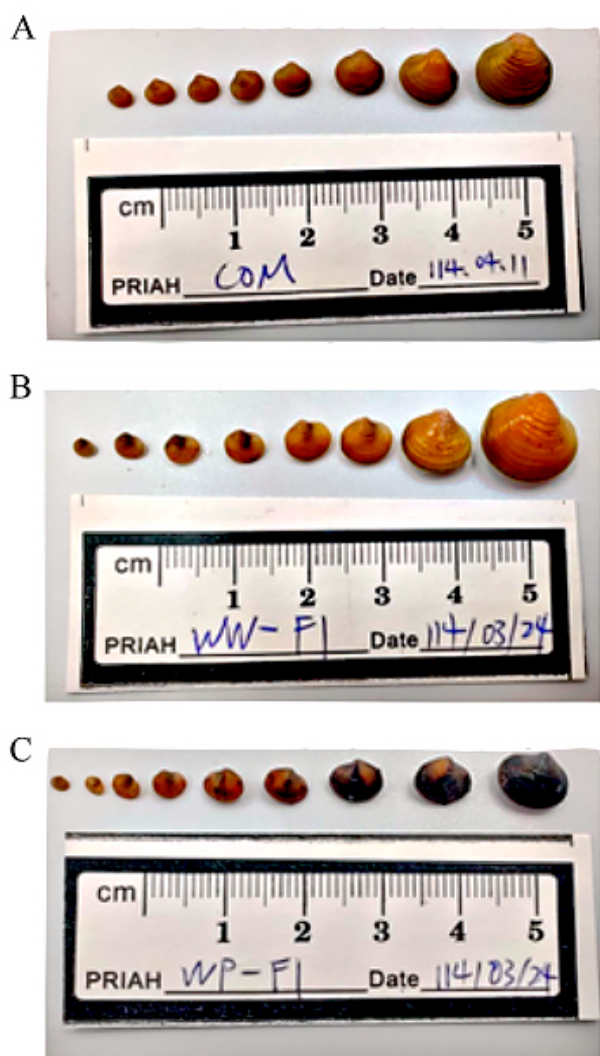


圖 1 不同品系亞洲蜆之發育階段 (A：COM 品系；B：WW 品系；C：WP 品系)

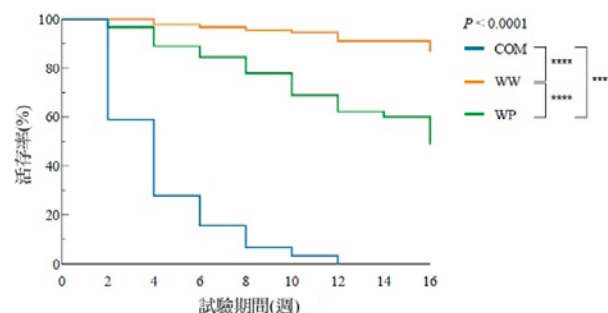


圖 2 COM、WW 與 WP 品系於 16 週養殖試驗期間之 Kaplan-Meier 活存曲線分析

單體牡蠣立體式及多營養階層養殖管理技術建立(II)

邱允志、林婉婷、朱永桐
海水養殖研究中心

臺灣氣候變遷影響，經常性致災性豪雨及異常氣溫等情況產生，導致貝類養殖產業受衝擊以致養成率不佳。本研究持續開發牡蠣渠道式養殖模組與白蝦室外養殖混合養殖系統，比較牡蠣以不同養殖生產方式效益。充分利用養殖條件將不同物種養殖特性建構互補之多營養階養殖方法，提升牡蠣養殖品質及白蝦養殖之高經濟價值養殖物種之複合式生產。

利用戶外白蝦養殖池作為天然藻源，供應牡蠣養殖模組，蒐集設施型貝類生產的相關應用參數。渠道試驗使用 $20.0 \text{ g} (\pm 2.6 \text{ g})$ 之牡蠣進行試驗，在不同組別的渠道養殖系統，牡蠣的成長率與活存率仍存在一定差異。渠道試驗共進行 165 天，試驗組別成長均重為 $42.84 \pm 3.70 \text{ g}$ ；最大個體表現達 48.26 g ；各組活存率為 71.4 – 91.9%，總平均活存率為 78.6% (圖 1)，渠道試驗牡蠣可維持平均 22.03% ($\pm 3.02\%$) 的肥滿度 (表 1)。

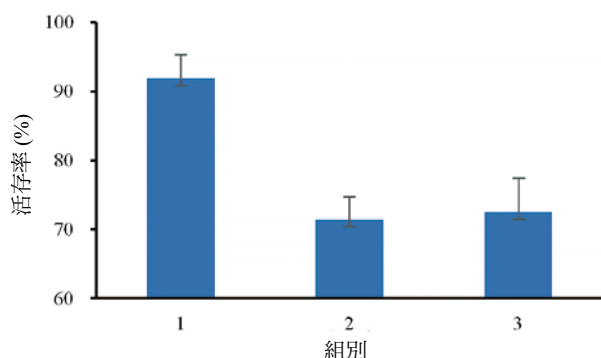


圖 1 渠道養殖牡蠣累積活存率

表 1 牡蠣渠道式養殖各月別肥滿度 (CI)

組別	7月	8月	9月	10月	11月	平均
1組	22.60	16.76	18.46	20.63	19.61	19.61
2組	19.56	20.45	25.80	29.04	23.71	23.71
3組	21.14	22.00	23.68	23.98	22.95	22.75

比較單體牡蠣於室內及室外養殖的差異性，試驗採用澳洲籠具型，將籠具其以延繩固定於室外池中，評估其對生長與活存率的影響。試驗結果顯示，試驗組別成長均重為 $42.84 \pm 3.70 \text{ g}$ ；最大個體表現達 48.26 g 。

各組別的活存率為 20.0 – 40.0%，總平均活存率為 29.3%。相比本 (114) 年度渠道養殖之 78.6% 平均活存率，室外籠具養殖活存率下降 49.3%。各組間肥滿度則為 $16.46 (\pm 2.61)$ 、 $17.21 (\pm 1.60)$ 及 $16.10 (\pm 2.24)$ ，隨著月份增加肥滿度逐漸降低，平均肥滿度為 $14.90 - 15.22$ (表 2)。

表 2 牡蠣籠具養殖各月別肥滿度 (CI)

組別	8月	9月	10月	11月	平均
1組	16.46	16.50	15.60	12.30	15.22
2組	17.21	16.10	14.80	13.80	14.90
3組	16.10	14.80	15.00	14.80	15.18

戶外白蝦養殖試驗，受到雨季影響池中鹽度長達 3 個月的低鹽度 (11 – 15 psu)，對於白蝦活存率具有極大挑戰。實驗最後收成總量為 200 斤 (40 尾 / 斤)，初估活存率為 30%。戶外養殖池常受到降雨的直接影響，導致池中鹽度改變以及氣溫影響，微藻種類及數量變化會與季節產生關連性，而環境中的優勢藻相與養殖生物產生生存的連結關係。

本年度試驗結果顯示，渠道養殖的育肥成效較室外籠具養殖顯著，對於氣候的變化具有更好的緩衝能力，為驗證室內養殖是否有更高可行性和生產高品質牡蠣 (生蠔) 的應用性，未來將著重於肥滿度的研究，在試驗中亦確認多營養階的養殖方式是具有可行性，顯示該模式具備潛在發展空間。

多倍體牡蠣生產管理技術建立

余冠霖、陳燈煌、謝淑秋、許晉榮
海水養殖研究中心

牡蠣為臺灣重要養殖貝類，近年因極端氣候與疾病影響，產量顯著下降，依據 2024 年漁業統計年報，牡蠣年產量較 2021 年減少約 11%。為因應產業穩定、供苗及提升生產效率之迫切需求，本研究以臺灣主要養殖種葡萄牙牡蠣 (*Magallana angulata*) 為對象，開發穩定之多倍體 (三倍體、四倍體) 誘導與生產管理技術，作為後續產業化之技術基礎以及建立安全且可行的牡蠣麻醉操作流程。

本研究建立以抑制減數分裂第二極體為三倍體誘導策略，並證實其在葡萄牙牡蠣上具良好穩定性與再現性。透過適當時機使用 6- 二甲基氨基嘌呤處理，可於附苗前穩定獲得約 25 – 27% 三倍體比例，其倍性表現於早期發育階段具一致性，可作為量產技術。

另本研究嘗試以抑制第一極體之方式誘導四倍體，結果顯示於孵化後早期階段 (第 3 天) 可檢測到 4 – 10% 四倍體個體，然而該倍性比例未能穩定維持至後續發育階段，顯示四倍體誘導在倍性穩定性與早期活存方面仍存在技術瓶頸。儘管如此，本研究仍成功取得葡萄牙牡蠣四倍體早期發育之關鍵資料，釐清其誘導可行性，為後續四倍體族群維持、誘導條件的優化及育種應用提供重要依據。誘發相關紀錄如表 1，而在相同戶

外養殖環境下，三倍體牡蠣於殼長與濕重之生長表現均顯著優於二倍體，顯示其在單位時間內具有較高的生物量累積效率。此結果證實三倍體牡蠣可有效將能量分配於體組織生長，而非生殖腺發育 (圖 1)。

本研究亦建立適用於葡萄牙牡蠣之麻醉操作流程，透過適時的空氣暴露結合氯化鎂水溶液處理，可於短時間內使牡蠣達到穩定且可判定之麻醉狀態。試驗結果顯示，在不同殼長區間之牡蠣中，皆可獲得高比例完全麻醉，且處理後未觀察到顯著死亡或異常反應，顯示該流程具良好安全性與重現性。此一麻醉技術可有效利用在二枚貝的生物採集上，並降低操作過程中之緊迫反應，可作為後續生殖操作、取樣與實驗之處理，極具實務應用價值。

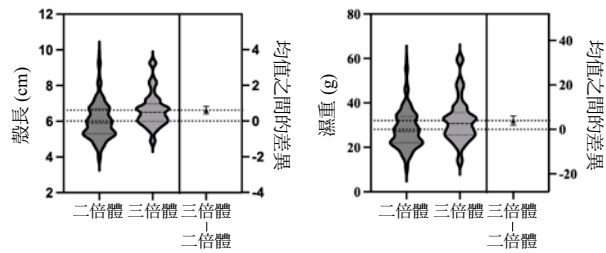


圖 1 在相同養成條件下，三倍體與二倍體牡蠣於殼長 (左) 與濕重 (右) 之差異分布

表 1 彙整 2024-2025 年使用細胞鬆弛素 B 或 6- 二甲基氨基嘌呤誘導產生牡蠣多倍體紀錄

批次-名稱	抑制目標	孵化率(%)	三倍體(%)	四倍體(%)	三倍體效益	四倍體效益
CB-1130718	Pb2	31.20	16.12	0.00	5.03	0.00
6D-1130920	Pb2	52.51	39.66	0.00	20.83	0.00
6D-1131014	Pb2	48.92	38.53	0.00	18.85	0.00
6D-1140915	Pb2	48.60	24.47	0.00	13.08	0.00
CB-1140627	Pb1	7.20	22.91	10.69	1.65	0.77
6D-1140421	Pb1	9.60	37.40	8.47	3.59	0.81

文蛤青蟹生態綜合養殖技術開發(II)

吳育甄、薛守志、胡益順、邱靜山、林峰右、林志訓、朱永桐
海水養殖研究中心

文蛤 (*Meretrix taiwanica*) 為臺灣重要的養殖貝類，然近年受極端氣候、環境變遷及外來入侵貽貝 (如似殼菜蛤、綠殼菜蛤) 影響，害貝藉由進排水進入池中大量生長，與文蛤競爭濾食資源，並增加人工移除成本，威脅產量穩定性。為因應產業困境，本研究旨在評估具高經濟價值的青蟹 (*Scylla* spp.) 作為生物控制的可行性。透過掌握兩物種間的生態互補作用，期望建立一套能有效抑制害貝、降低管理成本並提升資源循環利用率的生態綜合養殖技術模式。

本 (114) 年度研究重點在於評估文蛤與青蟹於不同生長階段的生長表現與生物交互作用。依青蟹甲殼寬度分為稚蟹 (1 – 3 cm)、幼蟹 (3 – 5 cm) 及亞成蟹 (5 – 10 cm) 三組，分別與三種粒級文蛤進行混養。試驗結果顯示，文蛤的活存率與青蟹體型及文蛤粒徑呈高度相關；隨青蟹體型增加，其挖掘與破殼攝食能力增強，使混養風險隨之遞增。稚蟹階段，青蟹與文蛤展現優異的生態相容性，青蟹由初重 0.04 ± 0.01 g 快速成長至 0.89 ± 0.08 g，日間成長率 (SGR) 達 $8.97 \pm 0.25\%$ ，文蛤活存率維持在 $79.7 \pm 5.7\%$ ，顯示稚蟹階段對文蛤未造成捕食壓力，適合混養的起始點 (表 1)。

進入幼蟹後混養風險明顯上升，青蟹雖維持穩定生長，但其破殼行為變得頻繁，導致文蛤活存率驟降至 $2.7 \pm 3.9 - 20.3 \pm 1.5\%$ ，且池中出現破碎文蛤殼 (表 2)。亞成蟹階段時擊碎文蛤的行為，使文蛤活存率趨近 0%。研究亦顯示各體型青蟹均能有效捕食入侵性害貝似殼菜蛤 (*Mytilopsis sallei*)，其中 5 cm 以下之稚蟹因偏好捕食殼薄的貽貝幼生，對硬殼文蛤威脅較低，是最具生物防治潛力的階段 (圖 1)。

本研究建立的混養體型關係與捕食閾值資料，可作為文蛤產業建立分級放養管理策略與階段性投餵模式的重要基礎，建議未來養殖實務可配合害貝入侵的高峰期，精確投放適當體型與密度的青蟹，以達成生物防治目標，進而提升整體養殖效益與產業永續性。

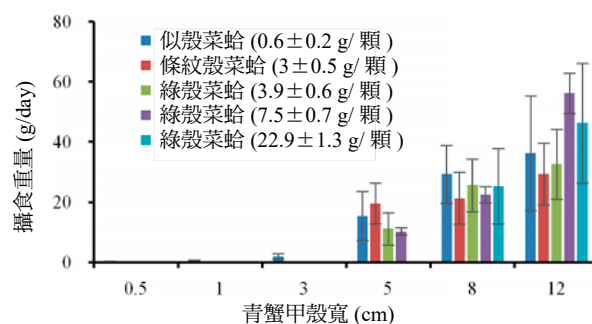


圖 1 各體型青蟹攝食貽貝量

表 1 稚蟹與文蛤混養活存率及日間成長率

	文蛤(1,000粒/斤)	青蟹(1 cm)	文蛤(600粒/斤)	青蟹(1 cm)	文蛤(300粒/斤)	青蟹(1 cm)
活存率(%)	79.7 ± 5.7	77.8 ± 19.3	87.2 ± 5.1	44.4 ± 9.6	87.3 ± 0.3	51.4 ± 8.6
初重(g)	0.49 ± 0.06	0.04 ± 0.01	0.86 ± 0.18	0.04 ± 0.01	1.61 ± 0.32	0.04 ± 0.01
末重(g)	0.54 ± 0.15	0.89 ± 0.08	1.09 ± 0.07	0.45 ± 0.15	1.81 ± 0.07	0.56 ± 0.26
日間成長率SGR (%)	0.29 ± 0.08	8.97 ± 0.25	0.66 ± 0.17	6.97 ± 1.04	0.32 ± 0.11	7.12 ± 1.46

表 2 幼蟹與文蛤混養之活存率及日間成長率

	文蛤(1,000粒/斤)	青蟹(3 cm)	文蛤(600粒/斤)	青蟹(3 cm)	文蛤(300粒/斤)	青蟹(3 cm)
活存率(%)	2.7 ± 3.9	88.9 ± 9.6	9.2 ± 2.4	100.0 ± 0.0	20.3 ± 1.5	100.0 ± 0.0
初重(g)	0.61 ± 0.14	6.50 ± 1.25	0.91 ± 0.11	12.30 ± 1.80	1.66 ± 0.21	12.30 ± 0.52
末重(g)	0.76 ± 0.03	13.31 ± 1.68	0.94 ± 0.04	15.59 ± 0.32	1.70 ± 0.04	17.29 ± 0.15
日間成長率SGR(%)	0.71 ± 0.09	2.37 ± 0.41	0.53 ± 0.21	3.95 ± 0.34	0.36 ± 0.41	3.95 ± 0.23

文蛤分段養殖標準化技術之研究(II)

林志訓、邱沛盛、黃煒翔、陳蒼木、許益誠、朱永桐
海水養殖研究中心

近年來受極端氣候影響，文蛤養殖死亡比例逐漸升高，為改善此問題，遂研提本計畫分段養殖模式，提高文蛤養殖活存率。臺灣文蛤養殖期長達 8 – 15 個月，養殖過程因極端氣候影響導致底質、水質惡化，易造成大量死亡，因此構想在養殖池底質惡化前提早收成，則可能可以提升其活存率。本 (114) 年度除進行分段養殖實驗，並將此技術向養殖戶進行推廣輔導。

分段養殖實驗在 4 池 1 分地 (1,000 m²) 文蛤池中放入不同體型 (120、240、370、750 粒 / 斤) 的 8 萬顆文蛤苗，養至上市體型 (45 粒 / 斤) 收成。試驗結果 120 粒 / 斤組在 6 個月收穫，共計採收 1,583 斤，販售金額 103,654 元；240、370 粒 / 斤至 11 月成長分別為 58、78 粒 / 斤，活存率分別為 95、88%。試驗結果回推 6 個月收成最適放養體型 153 粒 / 斤，實務推廣上建議為 200 – 250 粒 / 斤 (圖 1)。

分段養殖技術對 4 戶養殖戶推廣，輔導戶口湖蔡先生本年度收穫 2 批文蛤，合計 36,000 斤 / 公頃，活存率分別為 90、46%；輔導戶臺西蔡先生收穫 77,000 斤，平均 25,667 斤 / 公頃，活存率 100%；輔導戶臺西林先生收穫 30,000 斤，平均 15,000 斤 / 公頃，活存率 63%；輔導戶口湖黃先生，收穫 2,794 斤，平均 9,313 斤 / 公頃，活存率 46% (圖 2)。

本計畫推廣成效，輔導戶有活存率可高於平均活存率 10% 以上 (平均 50%)，即使有死亡情形，經輔導後改善，最終仍有收穫。另由於養殖時間縮短，一年有 2 次養殖機會，可增加單位面積產量，分散養殖風險 (圖 3)。雲林地區進行大規格文蛤苗放養之推廣，其經濟表現有不錯的獲利表現，顯示放養大規格文蛤苗可使養殖業者獲利提升 (圖 4)。

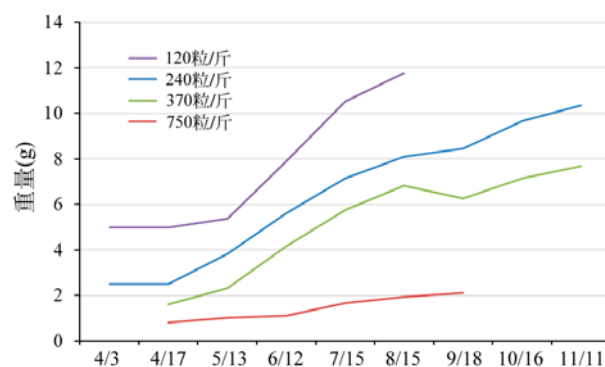


圖 1 文蛤重量變化

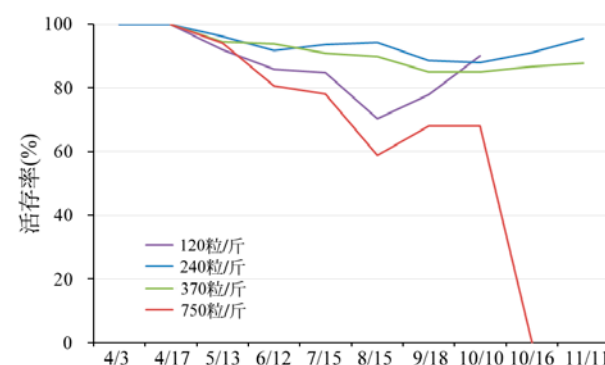


圖 2 文蛤活存率變化

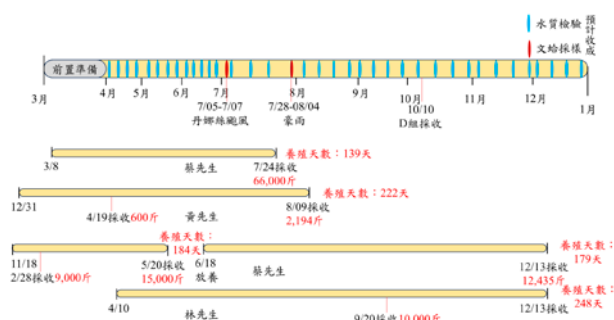


圖 3 文蛤分段養殖時間軸

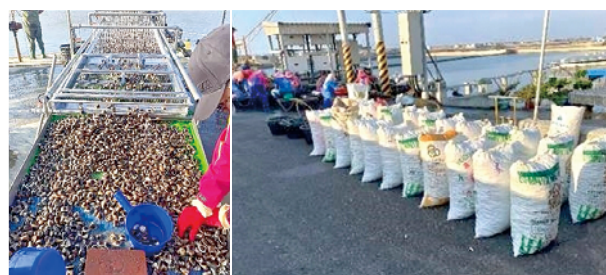


圖 4 輔導漁民收成

牡蠣養殖水域生物與環境監測暨養殖技術精進(II)

余冠霖¹、邱允志¹、陳淑美²、董哲煌²、朱永桐¹

¹海水養殖研究中心、²國立嘉義大學

牡蠣係臺灣重要的養殖貝類之一，依據 2023 年漁業統計臺灣海面養殖牡蠣產量達 16,055 公噸，其產值達 40.8 億新臺幣，但相較於 2018 年之產量 22,035 公噸，其年生產量減少約 37.2%，可能係受到天然附苗率不佳、附生動物叢生、疾病爆發甚是氣候變遷之等因素影響，但經本所初步研究發現，造成牡蠣死亡之原因可能非單一因子所致。

而本研究旨於監測臺灣主要牡蠣養殖水域的水質、當地水域中葉綠素濃度、附生生物種類、牡蠣胃內含物及比較牡蠣天然苗與人工苗成長等調查，藉此找出影響牡蠣生長之最佳條件；另本年度延續 2024 年牡蠣陸上牡蠣育肥系統探討，試驗培養耐低光照藻類搭配生物絮團系統，預期該試驗結果將使用於漁電共生案場內進行單體牡蠣育肥。

2025 年以雲林 (3 樣點)、嘉義 (4 樣點) 及臺南 (6 樣點) 3 縣市為採樣點，其中亦吊掛本所培育的人工苗與我國西部沿海之天然苗進行兩類苗種的生長比較。其水質監測分析結果共 700 筆，重要結果如下：(1) 水溫受季節與區域影響而變化大。如春季時以臺南樣區水溫最高，雲林最低；而夏季則以嘉義水溫最高，甚至檢測到 33.3℃ 高溫。(2) 懸浮固體濃度各樣區都在 100 ppm 以下，雲林樣區濃度最高、黏土含量也較高，臺南樣區濃度最低、砂含量較高。(3) 其他水質數值大致符合環境部「海域環境分類及海洋環境品質標準」之標準。其中葉綠素含量及浮游藻類豐度均以嘉義樣區較高。

而在牡蠣生物體分析上共採集了 267 筆數據，其重要結果如下：(1) 牡蠣殼上附生生物的數量與種類有明顯的區域性與季節性，臺南樣區數量與種類最多，區域性物種主要為海蜘蛛、骨蝦及鰓

魚，雲林樣區最少，區域性物種主要為螃蟹及蚵岩螺。(2) 天然與人工苗之日成長率於不同養殖區域間呈現差異，人工苗於臺南樣區成長表現較佳，而雲林與嘉義部分養殖樣區成長相對較為有限。(3) 組織切片觀察結果，雲嘉南 3 區的牡蠣，不論天然或人工苗、中國苗均有受類馬爾太蟲感染，且 1 月時即有發現，規劃於未來監測計畫中持續追蹤。(4) 綜整 2022 - 2025 年監測數據顯示，當牡蠣濕重達 16 g 以上時，空殼率隨個體大小增加而有提高的情形 (圖 1)。(5) 各樣區牡蠣養殖密度調查結果顯示，雲林樣區天然苗與人工苗之蚵棚平均養殖密度分別為 6.2 及 4.1 串 /m²；嘉義樣區為 6.6 及 7.5 串 /m²；臺南安南樣區為 5.1 及 4.1 串 /m²；臺南安平樣區為 5.0 及 1.2 串 /m² (人工苗採延繩式養殖)；臺南南區樣區為 4.6 及 4.2 串 /m²。

使用耐低光源藻類結合生物絮團育肥單體牡蠣的試驗結果，經 30 天的育肥，牡蠣的殼肉比提升 20%，內臟體比超過 50%，育肥趨勢明確，顯示藻類供應已成功促進牡蠣生殖腺發育，但因系統營養鹽平衡性異常且試驗牡蠣在試驗前的馴化程度不足，導致試驗牡蠣死亡率達 59.0%。

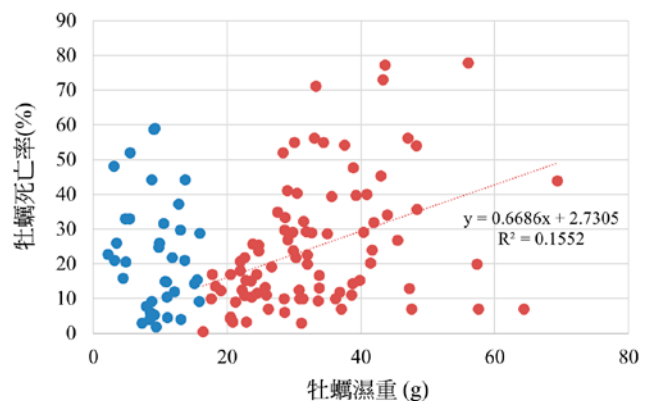


圖 1 2022-2025 年牡蠣濕重與空殼率相關圖。結果顯示 16 g 以上牡蠣的濕重與空殼率呈正相關，濕重大於 16 g 之個體 (紅點) 呈現弱正相關 ($R^2 = 0.1552$) 顯示濕重增加時死亡率略有上升趨勢

開發室外漁電共生養殖生產模組管理技術

張秉宏、蘇瑋揚、黃柏元、葉俊億、朱永桐
海水養殖研究中心

綠色能源與節能減碳政策受到國際的重視，漁電共生能有效利用有限土地，兼顧能源與糧食安全。漁電共生搭配水質預警機制的水產益健飼料，期盼提升養殖效率與品質。本研究評估飼料添加物對漁電共生虱目魚混養白蝦養殖水質與健康的影響。對照組餵食商業白蝦飼料、試驗組一餵食添加益生菌的飼料 D5、試驗組二則餵食益生菌添加植物萃取物「百克蟲」的飼料。結果顯示，白蝦平均體重為 33.19 ± 12.94 g、 44.14 ± 10.01 g 及 43.29 ± 4.50 g。

D5 添加植物萃取物組，能維持最佳水質環境（圖 1）。同時改善水質與提升養殖效益，蝦魚體長與重量最均衡，群體差異最小，具推廣價值。綜合水質監測與生長數據，此試驗組不僅能改善水質，讓蝦魚的生長更均衡穩定，最後檢測結果無感染早死症及孢子蟲症。其次為單餵益生菌組，雖然這組有感染；兩者的成長皆優於對照組。

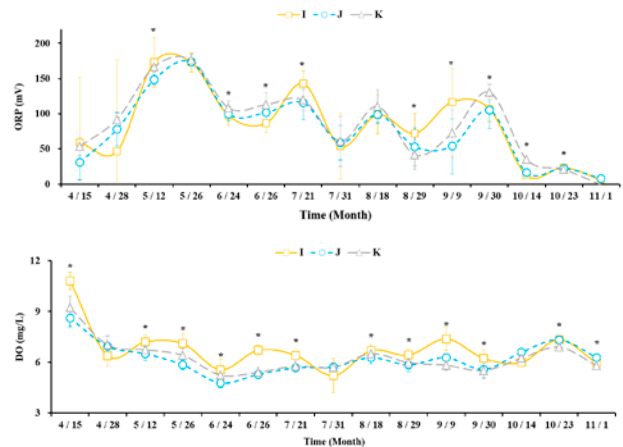
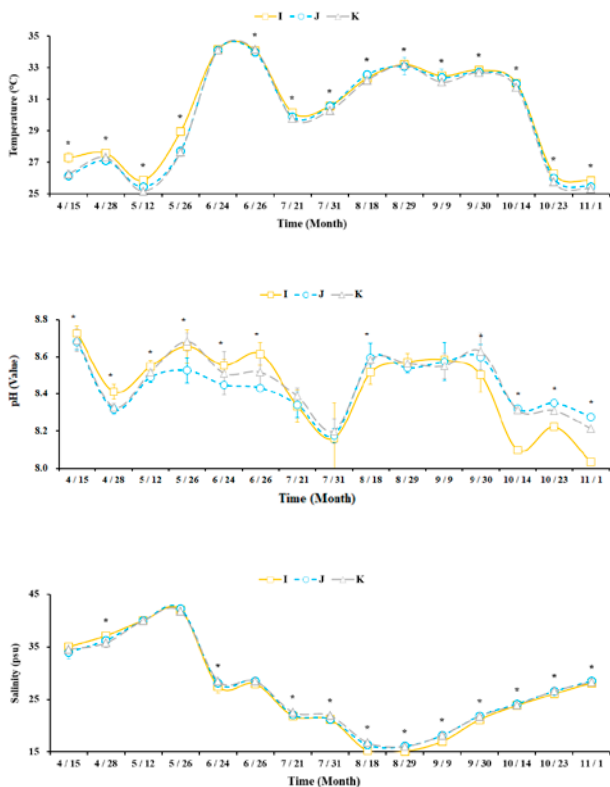


圖 1 漁電共生虱目魚混養白蝦水質示意圖
I：對照組（商業飼料）；J：實驗組一（D5）；K：實驗組二（D5 + 百克蟲）；*：具有顯著差異 ($p < 0.05$)

室外養殖管理除基本的進排水與飼料管理外，尚須整合多項關鍵措施。透過水車依風向配置以強化水體循環與集中排汙，可有效減少底層有機物累積與惡化風險；同時，搭配水質預警機制（圖 2），即時監測溶氧、pH 值與氨氮等關鍵指標。再者，結合防疫管理策略，並輔以適當的飼料添加劑（如益生菌或功能性添加物），運用水車動力、天然風力與精準管理措施，不僅能提升養殖環境穩定度，亦可有效提高整體養殖效益與生產表現。

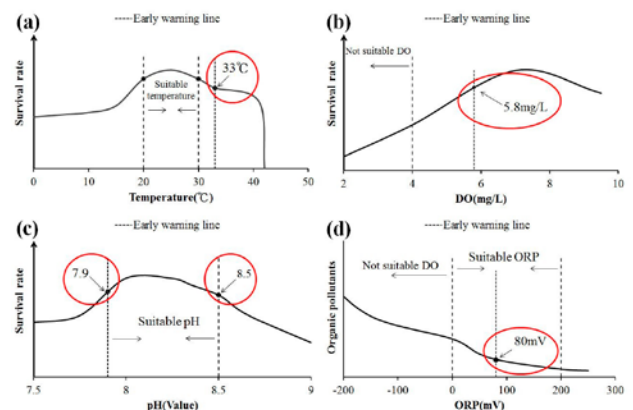


圖 2 漁電共生虱目魚混養白蝦水質預警圖

農業生態系長期生態監測－水產養殖

許自研、張軒銘、陳陽德
東港養殖研究中心

本研究運用自動化物聯網傳感器自動收集屏東縣枋寮鄉、高雄市永安區及臺南市北門區等養殖漁村 8 處監測站，分別收集水溫、溶氧、酸鹼值 (pH)、氧化還原電位 (ORP)、鹽度等水質資料，將監測期間所得數據轉換成 EML 格式，上傳資料庫進行長期存儲，另定期彙整鄰近地區氣象資料，並以雲端攝影機持續收集現場影像，以供極端天氣發生時進行追溯分析。

在溶氧監測分析顯示溶氧具有日周期性，且深受日照、降雨等天氣影響，當溫度越高時，可能導致水中生物呼吸頻率增加，進而導致水中的溶氧量降低。在水溫監測分析顯示水溫與氣溫的關連性相當高，高屏地區氣溫相近，測站平均水溫於夏季差異不大，但北門地區因寒流來襲氣溫較低，因此北門測站水溫相對較低。2025 年 1 月寒流期間臺南北門最低氣溫約為 10 – 12℃；高雄永安地區及屏東枋寮地區水溫也隨之降低，但由於比熱的關係水溫的變動不如氣溫那麼大，且因寒流持續時間不長且無大量降雨，對測站養殖池的水溫影響不大，幸無災害發生。2025 年 7 月 5 – 7 日丹娜絲、8 月 12 – 14 日楊柳及 9 月 21 – 23 日樺加沙颱風侵臺，路徑接近高雄及屏

東，因往年有颱風吹壞檢測主機經驗，今年已請部分養殖場視情況將設備收上岸保護，故颱風期間有部分數據無法收集。酸鹼值監測方面，各監測站雖有日變化週期，但平均來看皆維持在 7 – 8，對養殖生物來說較為穩定安全。鹽度監測方面，養殖池鹽度的變化主要以水源鹽度為主要因素，連續降雨或長時間日照蒸發作用會導致鹽度發生變化，養殖池鹽度變化不大。

由於監測站長期處於風吹日曬的惡劣環境下，測站數據受生物附著影響甚鉅，本研究維持探針校正及清潔頻率至少 4 次 / 月，引進能夠利用氣泵自行清潔電極之儀器，減少人力成本及數據誤差，藉由設定「高值濾波 / 低值濾波」將錯誤資料排除，提升數據的準確性 (圖 1)。監測站結合社區生態導覽，推廣養殖智慧化、科學化，相關教材給予從業人員或社會大眾。雖已委託現場人員校正及清潔儀器，並開發通知機制，但由於軟硬體技術限制，仍需不斷更新與修正來維持數據的準確性。未來將持續與廠商、社區人員共同討論研商，優化數據品質，作為未來分析養殖漁村水質長期生態變化趨勢及預警減災之參考資料。

The screenshot displays the 'JNC 雲端平台監控系統' (JNC Cloud Platform Monitoring System) interface. It features a navigation bar with '全部設備' (All Equipment) and a dropdown menu for '枋寮 濁水 [IM]'. The main content area is titled '啟用新名稱' (Enable New Name) and lists several parameters with their respective filtering settings:

Parameter	Unit	Filter Mode	High Value Filter	Low Value Filter
pH		His	10	5
DO		His	15	1
水溫		His	40	10
ORP		His	400	-300
SC		His	50	0.1

圖 1 本年度開發「高值濾波 / 低值濾波」處理異常數據

養殖光電自電自用模組應用於海門冬四分孢子體生產之節能效益

許自研、張軒銘
東港養殖研究中心

本計畫於東港養殖研究中心設置跑道式桶槽並結合太陽光電與智慧監控之海門冬養殖設施，歷經整備測試於 11 月正式運轉（圖 1）。首先比較葉輪式攪拌與環形鼓風機通氣攪拌之效益，結果顯示鼓風機雖耗電量高達水車的 6 倍，但因在跑道桶中缺乏水平造流能力，導致水體交換率差及營養擴散不均，海門冬生長表現（SGR 5.9 – 7.6%）遠不如僅需最低轉速運轉的葉輪式水車組（SGR 8.3 – 10.9%）。進一步測試葉輪式水車採「運轉 1 分鐘、停歇 1 分鐘」模式，發現其海門冬生長效率（SGR 10.8 – 13.0%）與連續運轉組相當甚至更優，且能有效大幅降低電力成本（日均太陽能用電降至 0.90 度），強勁水流亦被觀察到有助於抑制矽藻附著。綜合結論，如以跑道式桶槽養殖方式來說，可完全捨棄鼓風機的通氣攪拌模式，利用葉輪式水車帶動跑道式桶槽水流會是高效率、低能耗且促使海門冬快速成長的最佳選擇（圖 2）。

本研究同時指出，海藻培養系統若採取「間歇性運轉」之葉輪馬達控制方式，可在不影響海門冬四分孢子體懸浮效果及生長需求的前提下，進一步降低整體用電量。經操作觀察，葉輪攪拌系統於培養液流場建立後，即使進入短時段停機，藻體仍可維持足夠的懸浮與分布均勻性；而在重新啟動時，也無明顯附著、沉積或纏結等情形發生。此結果顯示，馬達並無需全時連續運轉，即可滿足培養目的。

在能源替代方面，本研究建置 5 kWp 之太陽能板並採用直流供電模式避免逆變器損耗，以本研究海藻培養設備之耗電需求推估，該太陽能系統於日間操作情境下，足以完全供應 2 – 4 座培養槽運轉所需之電力，進而替代相同量之市電消耗。依據目前電價及電力排放係數估算，4 座培養槽於日間 10 小時操作模式下，每年可節省約新



圖 1 本研究建置光電設備系統與養殖桶槽

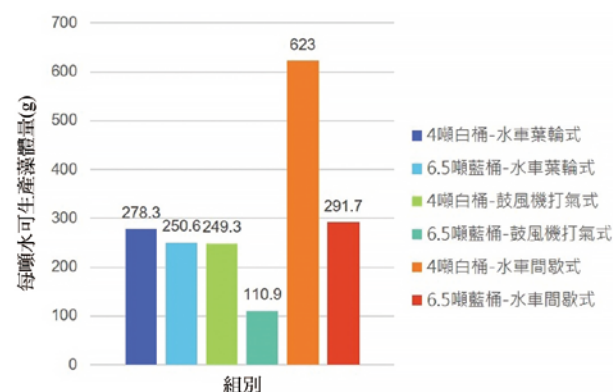


圖 2 不同水體跑道式桶槽利用不同攪拌方式培養海門冬四分孢子體之每噸水可生產藻體量

臺幣 4,300 元之電費，並減少約 0.586 公噸 CO₂e 排放；若於 24 小時連續運轉情境下，則每年約可減少 2,978 kWh 用電量及 1.41 公噸 CO₂e 之排放量，顯示再生能源導入確實具有明顯之節能與減碳成效。

本研究驗證太陽能直流供電結合低能耗葉輪攪拌技術，已可滿足海門冬四分孢子體陸上培養之操作需求，並具有穩定、低碳與能源自給等優勢。此系統不僅可降低養殖成本，亦有助於提升海藻養殖作業之永續性，具推廣至其他藻種與不同規模養殖系統之應用潛力，未來更可作為建立低碳化陸上養殖模式之重要參考基礎。

屏東地區海水供應站水源毒藻監測計畫

陳陽德、許自研、王淑欣、蘇義哲、利淑如、吳豐成
東港養殖研究中心

屏東地區為我國石斑魚重要產區，養殖環境穩定且供水系統完善，惟外銷市場集中，亟需透過科學監測與制度化管理，作為拓展多元市場的重要基礎。本計畫以強化臺灣石斑魚產業食品安全與提升國際競爭力為核心，針對屏東塹豐與北勢寮兩處主要海水供應站，建立長期毒藻監測機制，回應日本市場對西卡毒素 (Ciguatoxins) 風險之高度關切。

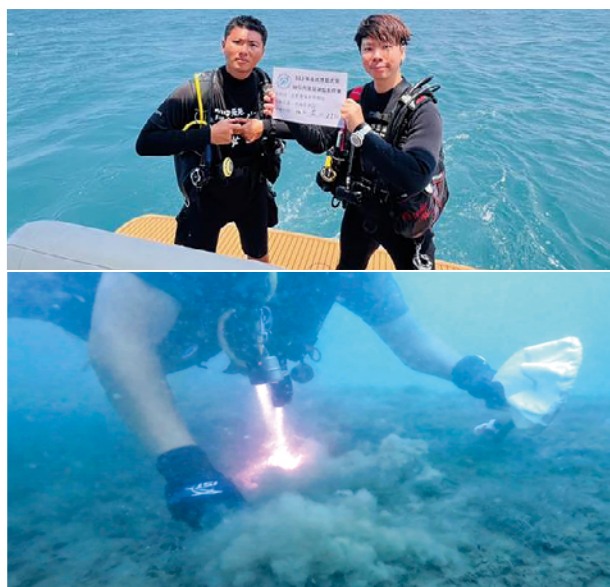


圖 1 本所同仁與潛水人員每季潛入水下 10 米的取水頭位置採樣藻類樣本

本研究由本所與屏東縣政府漁業管理所組成監控團隊，於 3、5、8 及 11 月，共計 4 次赴兩處海水供應站取水源頭進行現場採樣與管線巡護 (圖 1)。採樣作業涵蓋取水頭周邊附著物與水體浮游樣

本，並同步進行水質營養鹽分析、藻相鑑定及分子生物檢測。現場環境觀察顯示，取水頭位於外海較深水域，光照不足、底質以泥沙為主，缺乏硬質基質與大型藻類，整體環境條件不利底棲型致毒藻類生長。

監測結果顯示，4 次採樣中皆未檢出具西卡毒素風險之甘畢爾藻屬或福代藻屬。水質分析方面，總氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮及磷酸鹽濃度全年均維持低值，顯示海域營養鹽負荷有限。藻相以矽藻與浮游型甲藻為主，優勢藻種如角毛藻、骨藻及叉角藻等，皆屬常見非毒性藻類 (圖 2)，密度亦未達藻華或養殖風險程度，整體水質穩定且適合作為養殖用水。

本計畫亦成功建立甘畢爾藻屬與福代藻屬之即時定量聚合酶連鎖反應 (qPCR) 分子辨識方法，經反應條件最佳化後，可有效排除非特異性訊號，提升檢測專一性與靈敏度。實際應用於樣本分析，結果與傳統鏡檢一致，顯示該技術具備快速、準確及降低人為誤判之優勢，適合納入未來常態化監測體系。

綜合試驗結果，本計畫確認屏東地區兩處海水供應站源頭環境不具毒藻棲息條件，現階段無西卡毒藻污染風險，並成功建構科學化、可持續的毒藻監測技術基礎。相關成果已提供漁政機關作為對日溝通與政策支撐之重要依據，對我國石斑魚順利輸日、強化食品安全管理與提升產業國際信譽，具有實質貢獻。

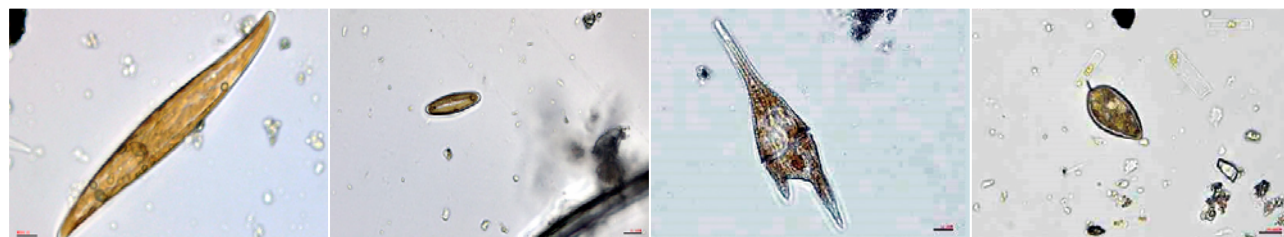


圖 2 採樣後的樣本經確認多數藻類優勢種為矽藻與非產毒之浮游甲藻 (圖左至右分別為 *Pleurosigma angulatum*, *Navicula transitans*, *Ceratium furca*, *Prorocentrum triesinium*)

蝦苗表型元件調查及驗證之研究

蘇義哲¹、陳俊安¹、翁識博¹、繆慎耘²、黃英哲²、陳陽德¹、吳豐成¹

¹東港養殖研究中心、²國立中山大學

在傳統的蝦隻養殖過程中，養殖者通常需要依賴人力進行大量的生物狀態觀察，相當耗時費力，養殖場池水混濁無法即時發現養殖池中的異常情況，且人工量測數據也無法快速整合及應用，為持續提升白蝦的產量，降低生產成本及增加漁民收益。以人工智慧 (artificial intelligence, AI) 數據計算能力、演算法等「智慧科技」，開發蝦隻影像辨識可數位化之表型元件調查系統，整合生物資訊及物聯網等 IT 科技，開發「白蝦表型元件調查開發應用」與「資訊整合分析系統」，進行表型元件數據的蒐集、儲存，建立白蝦表型數據管理平台，掌握白蝦數位化之生長資訊，作為種苗品質評估、育種依據等應用，來提升水產養殖業的競爭力。

以高效能軟硬體設備與 AI 技術應用，建立白蝦表型元件之數據調查及驗證分析，提升蝦類養殖期間的養殖管理效能。整套系統包含：(1) 桌上型系統主機，控制數據傳輸、資料存取及數據監測與分析；(2) NAS 資料儲存裝置與室內路由器，儲存表型元件相關資料；(3) 水下錄影觀察裝置 (圖 1)，可透過現場路由器即時連線觀看蝦類養殖池內水下狀態；(4) AI 影像辨識系統包

含有數據傳輸、儲存模組及 AI 辨識系統模組。影像數據及 AI 辨識後分析數據分別異地備份於國立中山大學資訊管理學系及本所東港養殖研究中心。

蝦隻 AI 影像辨識的量測數據，利用資料庫建立之 AI 辨識模型，針對影片內所偵測到的蝦隻出現次數、長度及餌料剩餘量進行量測及記錄，資料庫的每一筆辨識數據，包含蝦隻次數 / 蝦隻長度 / 餌料比例等。桶槽內飼養 4 批次不同尺寸白蝦，進行蝦隻 AI 影像辨識次數及長度量測，共記錄了影像數據 76,173 筆，並量測了 298,642 筆蝦隻及長度數據，記錄了餌料辨識數據 91,635 筆。白蝦體長 AI 量測與人工量測數據接近，誤差值約 3 – 6%。已建立蝦隻影像 AI 辨識模型進行蝦隻影像的量測，針對蝦隻偵測次數、長度及餌料剩餘量進行 AI 量測及記錄，進行養殖數據之蒐集與系統化整理作業，將持續修正 AI 模型的準確性及資料驗證。

開發蝦隻影像辨識表型元件調查系統 (圖 2)，提高養殖過程的「能見度」，將池底狀況即時反饋並加以處置，提高活存率減少突發狀況等損失，將有效增進白蝦之品質、產量及產值。



圖 1 水下錄影觀察裝置

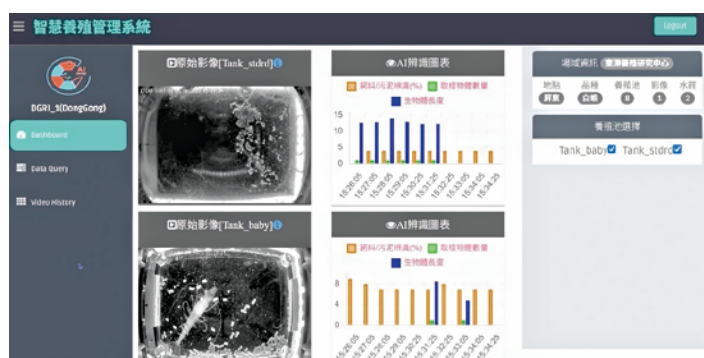


圖 2 蝦類 AI 智慧表型量測管理系統

開發淡水長臂大蝦設施養殖技術

葉怡均、林如謙、杜信旻、吳豐成
東港養殖研究中心

淡水長臂大蝦 (*Macrobrachium rosenbergii*) 為我國十大養殖物種之一，屬於熱帶性蝦類較不耐低溫，近年來極端天氣頻繁，當寒流侵襲溫度降低至 15°C 即開始陸續死亡，且養殖過程中若防疫管理不足，易導致疾病發生，造成蝦農經濟損失。因此開發結合生物安全之設施養殖技術以緩解極端天氣對養殖生物的影響，然目前國內淡水長臂大蝦養殖經營模式皆以傳統室外土池養殖模式為主，尚無室內養殖成功案例，因此本研究旨在建立設施養殖技術模式供養殖漁民參考依循。

本研究以中間育成階段為研究對象，分別針對「人工基質」與「省水養殖管理」兩項技術進行評估，探討其對蝦苗生長、活存率、單位產量及水質參數之影響。在人工基質試驗中，蝦苗以高密度 (556 尾 /m²) 放養於三組不同基質條件下，包括無基質 (M1)、底部圓柱狀萬能網 (M2) 與垂直掛萬能網 (M3)。結果顯示，M3 組因提供較高之三維附著空間與較佳水流環境，活存率 (55.3%) 顯著優於 M2 組，並較 M1 組提升單位面積育成量約 13.2% (表 1)。相對地，M2 組因基質置於池底易累積有機物，使亞硝酸鹽氮於中期升高 (達 1.1 – 2 mg/L)，導致活存率較低，顯示基質的擺放形式會影響水質與蝦苗活存。另在省水養殖試驗中，比較傳統流水組 (W1) 與低換水條件下添加碳源的 W2、W3 組 (每日換水量約 1.3%)。研究結果，W3 組於養殖後期水質惡化時補充葡萄糖，可迅速降低無機氮濃度，蝦苗活存率 (81.9%) 較 W1 (70.5%) 與 W2 (72.9%) 分別提高 16.2% 與 12.4%，產量亦為三組中最高 (表 2)。

綜合結果，本研究確立垂掛式基質能提升高密度養殖下之附著空間，有助淡水長臂大蝦活存與育成效益；而低換水及適當補充有機碳的模式可強化養殖水體自淨能力、維持水質穩定並提升

活存率與產量，顯示其適用於水源有限或高有機負荷之養殖環境。此兩項技術具備推廣潛力，本研究未來將持續整合應用，以提升淡水長臂大蝦中間育成階段之生產效能與資源利用效率。

表 1 淡水長臂大蝦中間育成階段放置不同基質養殖試驗之成長表現

參數	M1	M2	M3
密度 (ind./m ²)	556	556	556
初重(g)	0.05	0.05	0.05
末重(g)	0.8±0.0 ^a	1.0±0.1 ^a	0.8±0.0 ^a
比成長率 (%/d)	4.8±0.0 ^a	5.3±0.2 ^a	4.8±0.0 ^a
活存率(%)	46.8±3.5 ^{ab}	33.9±7.6 ^b	55.3±3.2 ^a
產量(g/m ²)	210.1±19.9 ^a	194.4±25.2 ^a	237.8±14.9 ^a
FCR	2.2±0.2 ^a	2.1±0.0 ^a	2.0±0.1 ^a

表 2 淡水長臂大蝦中間育成階段省水養殖試驗之成長表現

參數	W1	W2	W3
密度(ind./m ²)	150	150	150
初重(g)	0.27	0.27	0.27
末重(g)	1.7±0.3	1.6±0.1	1.5±0.0
成長率(g/W)	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0
活存率(%)	70.5±10.1	72.9±0.7	81.9±6.0
產量(g/m ²)	179.1±20.8	174.1±7.2	185.0±9.8
產量(g/m ³)	238.8±27.7	232.1±9.2	246.7±13.1
FCR	1.0±0.1	1.0±0.0	1.0±0.1
換水率(%/d)	12.2±1.0	1.3±0.1	1.3±0.1
用水量 (L/g shrimp)	23.6±0.8	2.5±0.2	2.5±0.1
用水量 (L/g feed)	22.7±1.6	2.4±0.1	2.5±0.2

皮絲藻培養技術開發－營養成分及天然物質含量檢測

李沛珊、許耕禎、黃君毅、江偉全
東部漁業生物研究中心

皮絲藻 (*Dermonema virens*) 在臺東被稱為鹿角菜 (臺語)，由於質地軟滑又富有彈性，涼拌後口感軟脆，又無一般海藻所具有的藻腥味，頗受當地居民及觀光客的喜愛。目前主要為季節性採集，並進行挑選及清洗，除自行食用外，會將品質較佳藻體進行販售，市場價格新臺幣 300 – 500 元/公斤，然而採集危險且供貨非常不穩定 (圖 1、2)。本研究旨在完成皮絲藻溫室內養殖實驗及完成其營養成分及天然物質含量檢測。

在皮絲藻基質吊掛方式實驗中發現，無論是將皮絲藻繫於棉繩間隙內，以垂直、平行於水面及沉底之不同棉繩固定方式吊掛，其養殖壽命皆低於 2 週，尤其以垂直於水面及沉底組更在 1 週內全數死亡。由皮絲藻進行沉底、浮於水面以及 12/12 小時乾溼交替環境實驗發現，沉底及水面組僅在 1 週內死亡，而日夜乾溼交替組可活存超過 2 週，但藻重沒有增加，反而慢慢減少，最後於 16 天左右死亡。將皮絲藻烘乾製成粉末後，進行營養成分檢測，發現其中較為重要之必需脂肪酸中亞油酸佔 17.90%、 α -亞麻酸佔 1.17%；必需胺基酸中離胺酸 12,381 ppm、異白胺酸 10,036 ppm、甲硫胺酸 1,936 ppm、苯丙胺酸 9,218 ppm、纈胺酸 13,337 ppm；礦物質種類包含銅 7.2 ppm、鋅 23.2 ppm、鉻 14.3 ppm、磷 3,139 ppm、鎂 6,978 ppm、錳 140.6 ppm、鎳 23.4 ppm、鐵 401.7 ppm；維生素包含 B₂ 0.5 mg/100g、B₃ 2.18 mg/100g、B₁₂ 7.2 μ g/100mg、E 0.6 mg/100g；然而藻紅素與藻藍素卻並未檢出。

皮絲藻於陸上溫室環境養殖，應另尋其他方法，後續可利用設施滴水養殖、類似植豆芽菜模式或能解決海水可能隨時間蒸發而鹽度變高的問題等方法進行相關試驗。皮絲藻之藻紅素及藻藍素未檢出，推測是因為藻體以 55°C 烘乾脫水均質

成粉末後，導致藻紅素及藻藍素遭到降解的緣故。皮絲藻含有較高的亞油酸、 α -亞麻酸、離胺酸、苯丙胺酸、異白胺酸和纈胺酸，且磷與鎂含量豐富，因此皮絲藻可作為這些物質的補充物，提供給人類食用。



圖 1 皮絲藻野外生長環境



圖 2 皮絲藻外觀型態

臺灣海域牙鯧科魚類耐高溫品系及繁養殖技術開發

黃侑勛、陳玉萍、江偉全
東部漁業生物研究中心

水產養殖是確保全球糧食安全及維護海洋資源永續的核心產業。然而，高經濟價值魚種牙鯧 (*Paralichthys olivaceus*) 的生長極度依賴冷溫水環境，研究顯示其最適水溫為 20°C。臺灣夏季氣候濕熱海水溫度上升，維持恆溫之電力與設備成本極高，不僅壓縮農民收益，亦增加養殖產業的碳足跡。因此，利用生物技術選育耐高溫品系，並開發具本土氣候適應力之替代魚種如大齒斑鯧 (*Pseudorhombus arsius*)，已成為推動產業升級、降低進口依賴及分散單一物種風險的關鍵戰略。

本計畫聚焦於建立牙鯧「基因型與表型」之關聯資料庫，透過精準選育降低環境限制。(1) 多元樣本採集與表型量化：研究團隊精選 20 尾健康個體，族群背景涵蓋韓國進口種魚、臺灣沿海捕獲種魚及經歷不同溫度壓力試驗之亞成魚，確保樣本具備廣泛遺傳代表性。研究詳實記錄了每尾個體的體長、體重及體色特徵，作為量化生長指標之基準。(2) 分子材料製備與文庫建構：高效完成鰭組織 DNA 萃取，並由組織中提取總 RNA，結合 rRNA 去除與 cDNA 逆轉錄技術，成功構建高品質 RNA 文庫 (RNA Library)。此資源對於解析牙鯧在極端環境壓力下的基因表達模式至關重要。(3) 耐熱 SNPs 篩選與關鍵基因定位：基因定序分析顯示，20 尾樣本中鑑定出大量單點核苷酸變異位點 (SNPs)。初步數據指出，耐高溫組具備約 20.9 萬個特異性 SNPs，而不耐高溫組則高達 61.9 萬個。經與最新國際研究比對，初步篩選出 40 個 SNPs 位於或鄰近 *traf4*、*ppm11*、*LOC107380145* 及 *LOC107383606* 等關鍵基因，這些基因與魚類熱應激保護機制高度相關，為開發「耐高溫分子標記」奠定實證基礎。

大齒斑鯧為臺灣西南沿岸常見種，肉質細緻且具高市場價值，最大體型可達 45 cm。本研究首

度針對人工繁殖進行系統性試驗。透過室內受控環境的精準調控 (如水溫循環與精準營養配方)，成功誘導親魚自然產卵，並收集約 15 g 受精卵，測得平均卵徑為 $926.03 \pm 11.08 \mu\text{m}$ (圖 1)。此繁殖參數填補該物種在人工環境下生殖生理學的文獻空白。儘管成功誘導產卵，惟鏡檢顯示細胞未進入正常分裂發育期。可能原因包含親魚成熟度不均及人工環境應激，未來將聚焦於親魚馴化管理、催熟程序與授精環境優化，以突破商業化育苗瓶頸。

本計畫已成功整合牙鯧遺傳資源庫，並初步定位耐熱相關候選基因，邁出分子輔助選育 (MAS) 的重要一步。大齒斑鯧的初步繁殖成果則顯示了本土種替代的潛力。後續將擴充樣本數以強化定序比對精準度，並完善大齒斑鯧的育苗標準化流程，目標建構具備耐高溫能力且符合低碳趨勢的智慧水產養殖體系，為農民創造更高經濟收益。



圖 1 大齒斑鯧 (上) 及受精卵 (下)

四色篷錐海葵量產技術開發

許嘉閔、洪澍薇、江偉全
東部漁業生物研究中心

四色篷錐海葵 (*Entacmaea quadricolor*，俗稱奶嘴海葵) (圖 1) 為珊瑚礁生態系中重要的共生宿主，也是水族貿易中具高經濟價值與海洋生態中具復育潛力之物種。海葵主要固著生活，能藉由無性分裂快速擴張族群，使其適合作為人工養殖及保育利用之物種。然而，海葵的分裂生殖可能受族群密度影響，研究顯示高密度可促進海葵擴張與分裂動態，但亦可能因攝食競爭或空間限制而抑制小型個體生長。

探討不同生存密度對奶嘴海葵無性分裂與空間移動行為的影響，解析其密度依存分裂繁殖機



圖 1 四色篷錐海葵 (*Entacmaea quadricolor*)

制 (圖 2)。海葵養殖於水流通透良好的室內循環水水槽，總水量約 1.5 噸，利用 25 L 浮籃設置高密度、中密度及低密度組別 (各組 $n = 5$)，進行 4 個月的密度控制試驗，每週餵食並紀錄數量變化。結果顯示，各組數量皆增加，高密度組每籃由 19.6 ± 5.6 增至 36.6 ± 4.5 個體；中密度組每籃由 10.0 ± 0.0 增至 18.8 ± 4.0 個體；低密度組每籃由 3.0 ± 1.6 增至 7.6 ± 2.9 。分裂主要見於籃內體型較大者，且在分裂個體數相近情況下，高密度環境中的分裂速率較快，顯示群聚可能促進增殖活動。然而，高密度亦限制較小個體生長及繁殖能力，當密度接近 2 ind./L (一籃 50 隻海葵) 時，一部分海葵出現足盤離底與漂移行為，推測與尋求較佳棲位相關。初步結果指出，本物種具密度依存的繁殖與棲位選擇行為，並呈現密度上限約 2 ind./L。另外當密度介於 0.8 – 1.5 ind./L (一籃 20 – 37 隻海葵) 時，海葵分裂增殖較為活躍。

本研究顯示，奶嘴海葵在群聚環境下的行為反應及其對無性繁殖效率之調控，未來可作為人工大量繁殖供生態復育之運用。

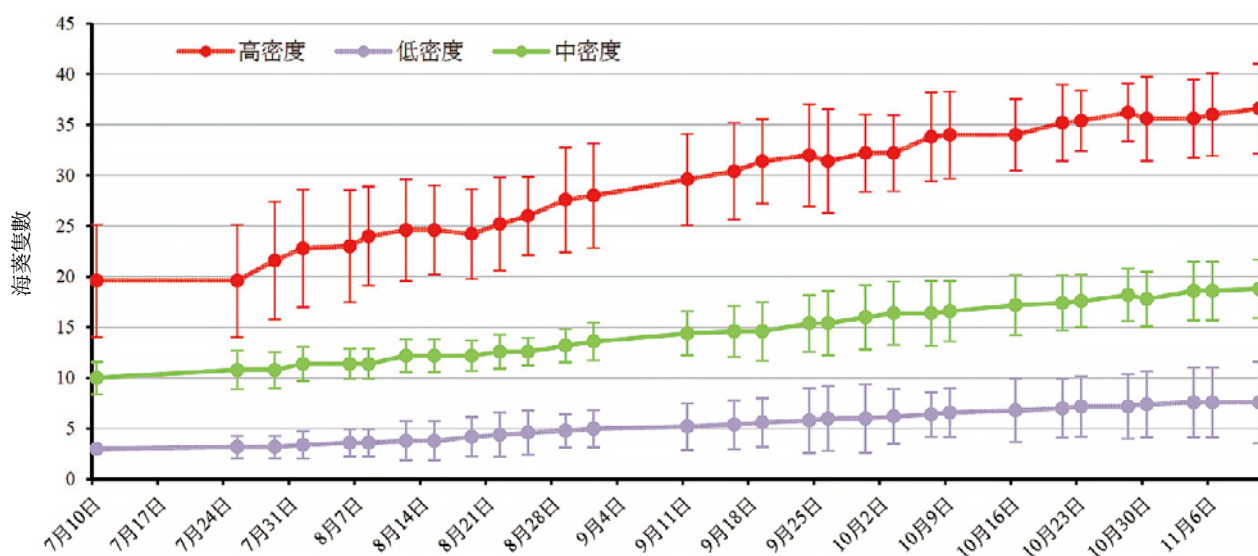


圖 2 海葵在不同密度處理下，試驗期間的數量變化皆持續增長

蝴蝶魚養殖技術及新型餌料生物技術開發

鄭明忠¹、潘彥儒²、江玉瑛¹、江偉全¹

¹東部漁業生物研究中心、²國立臺灣海洋大學

珊瑚礁魚類人工繁養殖技術近年備受重視，但蝴蝶魚魚苗在開口攝食階段因口徑極小、攝食與消化能力有限，需提供體型更微小且易消化的餌料以提升早期活存率。本研究已成功突破蝴蝶魚自然產卵的初步門檻，但種魚來源不易、疾病風險高及人工飼養穩定度不足，仍是目前最需克服的課題。

本研究順利誘使飄浮蝴蝶魚 (*Chaetodon vagabundus*) 與克氏蝴蝶魚 (*C. kleinii*) (圖 1) 種魚自然產卵，並透過生殖調控每批次可收獲受精卵約 0.7 – 1.8 g，初孵化仔魚平均全長為 1.52 ± 0.05 mm，仔魚於第 3 日齡開口進食。本研究與國立臺灣海洋大學餌料生物研究室合作，建立海水纖毛蟲游仆蟲 (*Euplotes vannus*) (圖 2) 之大規模培養、收成與滋養技術。初步魚苗投餵試驗顯示，在 3 – 6 日齡 (dph) 期間，投餵游仆蟲 (2 – 4 cells/ml) 有 80% 活存率。另，於 6 – 8 日齡搭配強額小哲水蚤 (*Parvocalanus crassirostris*) 無節幼生 (3 ind./ml) 混合投餵，可使蝴蝶魚苗順利度過浮游仔魚期 (圖 3)。

仔魚初期餌料以纖毛蟲與橈足類能支持仔魚順利度過開口攝食階段，提升早期活存率。此外，本研究建立新型餌料生物的量產與滋養技術，為珊瑚礁魚類人工育苗提供餌料開發及健康管理方法。

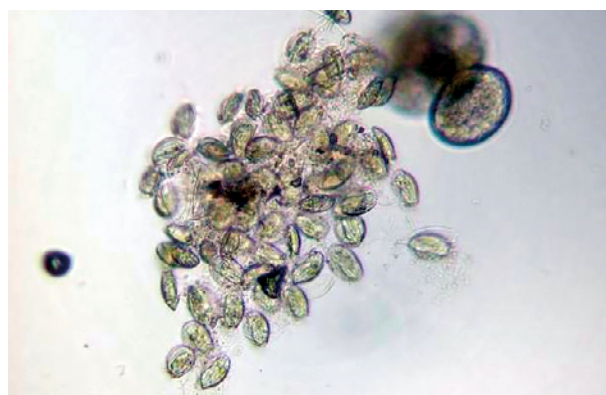


圖 2 仔魚初期餌料游仆蟲 (60-80 μ m)



圖 3 第 6 日齡仔魚全長為 2.1 ± 0.06 mm



圖 1 克氏蝴蝶魚 (*Chaetodon kleinii*)

設施型海洋生物養殖技術開發

陳玉萍、林穎昇、黃君毅、何源興
東部漁業生物研究中心

本 (114) 年度使用白棘三列海膽 (*Tripleneustes gratilla*)、礁岩扇蝦屬 (*Parribacus*) 以及玉足海參屬 (*Holothuria*) (圖 1) 作為開發設施養殖物種，建立以底棲動物 (如海膽及海參) 高經濟性蝦類 (扇蝦) 所構成的設施型之室內海水養殖模式。冀望透過室內養殖方式，可降低氣候變遷所帶來的災害及增加水資源的利用效率降低養殖排放，建立系統化的養殖模式。



圖 1 本年度試驗物種，包括有白棘三列海膽 (左)、岩礁扇蝦 (中) 及玉足海參 (右)

首先進行扇蝦與海膽混養系統試驗，其結果顯示，扇蝦平均增重率 1.4 – 2.5%，各組間無顯著差異；海膽增重率 13.9 – 18.4%，其中以海膽散養至下方組別顯著高於飼養於箱網；在混養不分層組其扇蝦死亡率最高達 83%，海膽死亡率最高 10%。水中總菌數與弧菌數，以扇蝦單養組總菌數最高，混養不分層組弧菌數最高 (表 1)。

表 2 添加玉足海參進入混養系統試驗 4 週之結果

組別		初體重(g)	初體長(cm)	末重(g)	末體長(cm)	增重率(%)	死亡率(%)
第 1 組	扇蝦(上)	158.1±23.6	14.9±0.8	160.5±22.9	14.9±0.8	1.6	0
	海膽(下)	89.1±11.4	6.3±0.5	95.0±10.1	6.1±0.4	6.6	0
	海參(下)	-	-	-	-	-	0
第 2 組	扇蝦(下)	146.7±26.1	13.9±2.8	152.2±25.7	14.5±1.1	3.8	0
	海膽(上)	89.2±11.1	6.2±0.5	97.7±11.5	6.1±0.4	9.6	0
	海參(下)	-	-	-	-	-	0
第 3 組	扇蝦	141.8±18.2	14.2±0.7	144.6±18.0	14.2±0.9	2.3	13
	海膽	85.7±7.9	6.0±0.2	87.7±8.8	6.1±0.4	2.4	0
	海參	-	-	-	-	-	0

表 1 添加玉足海參進入混養系統試驗 4 週之總菌數與弧菌數結果

組別	總菌數 (CFU/ml)	弧菌數 (CFU/ml)
第 1 組	2.7×10^3	9.1×10^2
第 2 組	1.8×10^3	5.2×10^2
第 3 組	2.4×10^3	6.1×10^2

在加入玉足海參的混養系統試驗，其扇蝦增重率 1.6 – 3.8%，海膽增重率 2.4 – 9.6%，各組間皆無顯著差異；混養不分層組之扇蝦死亡率為 13%，其餘組別活存率達 100% (表 2)。水中總菌數與弧菌數在不同組間差異不大，但均以海膽放置於箱網內且扇蝦及海參散養於底部組別較低。

綜合試驗結果顯示，白棘三列海膽、礁岩扇蝦與玉足海參可在流水養殖條件下成功混養，且以海膽飼養於網箱中，扇蝦與海參散養於網箱下為最佳混養方式，成長率與水質表現均優於其他組別。分層混養能有效降低菌壓並促進生長。扇蝦適合位於水體底層，而海膽適合上層環境，兩者分層飼養可達共生平衡，混養不分層易導致水質惡化與死亡率上升。

中南部地區石斑魚、虱目魚及白蝦之管理調適以減少極端逆境損害之成效

邱俊豪¹、劉嫻玟²、楊明樺³、江偉全¹

¹東部漁業生物研究中心、²淡水養殖研究中心、³東港養殖研究中心

本研究為探討氣候變遷對臺灣經濟水產養殖物種之影響，進行調適管理技術開發。探討石斑魚養殖之升溫因應，建立高屏地區氣象對應資料庫及模擬未來升溫下石斑魚養殖特性變化；探討虱目魚之低溫因應，以改良飼料，增強虱目魚對低溫耐受力；探討白蝦養殖在短時間強降雨因應，增強白蝦養殖中間育成技術之穩定性並評估最佳養殖條件。研究結果如下：

石斑魚：利用氣象署公開平台 CODiS 及架設於屏東枋寮、高雄永安之水質自動監測器，進行水溫與氣象因子分析，利用氣溫 (°C)、相對濕度 (%)、風速 (m/s)、降雨量 (mm) 及 Z 量化後之氣壓 [$Z=(X-\mu)/\sigma$] 作為自變數畫設直線回歸方程式，得到可回溯推算之當下水溫 (°C) 值， R^2 介於 0.2 – 0.8，回推之水溫與實際水溫溫差為 $\pm 0.1 - 2.0^\circ\text{C}$ 。於高溫模擬試驗中，珍珠龍膽石斑高溫試驗組的攝食量為對照組之 69.6%；在成長方面，無論是溫度或養殖密度及成長相較對照組在高溫試驗組間無顯著差異。而溫度升高及養殖密度增加情況下，石斑魚之體重 / 體長值較高，前人研究推論高溫緊迫將導致脂肪堆積。

虱目魚：以添加 2% 大豆油、2% 魚油、1% 亞麻仁油、1% 大豆卵磷脂和 0.1% 維生素 C 配製虱目魚耐寒飼料，投餵 4 週耐寒飼料後再投餵對照組飼料 1 – 2 週並進行 15°C 低溫挑戰，探討耐寒飼料效果持續性。結果顯示，4 週耐寒飼料再 1 週對照飼料組可相對減少回溫後累計死亡率，雖無顯著差異，但 Cohen's $d = 1.2$ 顯示耐寒飼料具大效果量；以 4 週耐寒飼料再 2 週對照飼料組亦可相對減少回溫後累計死亡率，雖無顯著差異，Cohen's $d = 0.8$ ，耐寒飼料具中效果量。肌肉脂肪酸分析，耐寒飼料停止投餵 1 週以上，儲存於肌肉內的脂肪酸會慢慢

代謝。另以 10°C，6 小時探討投餵耐寒飼料之耐寒程度，結果顯示在回溫 24、48、72 小時後相對死亡率減少 3.6%、9.4%、14.7%。耐寒飼料添加 1.8% 膽鹼投餵 3 週可相對減少 71.4% 死亡率；添加 5.1% 色胺酸投餵 7 天可相對減少 30% 死亡率，皆有中至大效果量。

白蝦：為探討蝦苗日齡對鹽度緊迫之耐受性，將 PL5 與 PL33 白蝦苗由 30 psu 海水移至 0 psu 淡水，分別暴露 20、30 及 40 分鐘，結果顯示 PL33 活存率皆接近 100%，PL5 則分別為 100%、70% 及 40%，顯示日齡增加對耐鹽緊迫能力具有顯著的增益效應。為了優化中間育成技術，本研究持續探討投餵頻率與有機碳添加模式對中間育成之影響。結果顯示，隨著投餵頻率增加 (2 次、4 次及 6 次 / 日)，末重、活存率及產量 (kg/m^2) 都有上升的趨勢，但各組間不具顯著差異，FCR 則是 2 次 / 日組最好。建議若以人力投餵則每日 2 次即可，若使用自動投餌機則每日投餌次數增加到 4 或 6 次可達更高經濟效益。有機碳添加模式分為大量換水組、機動加糖組及持續加糖組，結果顯示機動加糖組末重、活存率與產量最高 ($0.48 \pm 0.02 \text{ g}$ 、 $94 \pm 3\%$ 與 $1.35 \pm 0.04 \text{ kg}/\text{m}^2$)，皆顯著優於連續加糖組 ($0.33 \pm 0.07 \text{ g}$ 、 $76 \pm 5\%$ 與 $0.74 \pm 0.13 \text{ kg}/\text{m}^2$) ($p < 0.05$)。

產業輔導與推廣：將本研究結果推廣給石斑魚兩家業者約 10 分地 (圖 1 左)；虱目魚 3 家約 57 分地 (圖 1 中) 及白蝦 3 家約 32.7 分地 (圖 1 右 3)。



圖 1 石斑魚 (左)、虱目魚 (中)、白蝦 (右) 實地推廣

多彩刺尻魚繁養殖技術開發

許鐘鋼、劉素華、許秀媛、蘇繼忠、郭聿瑋、劉高文
澎湖漁業生物研究中心

刺尻魚屬 (*Centropyge* spp.) 因其鮮豔的體色、相對較小的成魚體型以及對人工環境具有良好的適應能力，長期以來深受海水觀賞魚市場的重視。然而，刺尻魚屬之人工繁殖與育苗技術仍被視為極具挑戰性的領域，因其育苗成功率極低，亦被認為是限制商業化量產的主要瓶頸之一。本計畫旨在建立多彩刺尻魚 (*C. multicolor*) (圖 1) 之完整種魚管理與繁殖技術。實驗內容包括健康種魚之篩選、養成與配對，以確定後續繁殖試驗所需之穩定親魚來源。此外，本計畫亦著重於多彩刺尻魚之人工育苗相關試驗，透過餌料生物及環境條件之系統性探討，期能逐步建立其人工繁養殖技術模式，並為未來之量產化提供科學基礎。

多彩刺尻魚之雌雄種魚配對性比為 1:1，蓄養在 250 公升的圓形 PP 產卵桶中，以自行配製之人工軟性飼料投餵，每日收集並計算產卵量，並進行育苗繁殖試驗。多彩刺尻魚種魚產卵期自 6 月 18 日至 11 月 15 日 (151 天)，共產卵 138 天，合計卵數 122,113 顆，其中受精卵 83,077 顆 (68.03%)，日平均產卵數 $1,100 \pm 530$ 顆 (圖 2)。多彩刺尻魚的受精卵是收集自配對種魚自發產卵，在水溫 $24.3 - 27.2^{\circ}\text{C}$ 下孵化。以纖毛蟲及牡蠣受精卵為多彩刺尻魚育苗開口的餌料生物，開口第 3 天起開始投餵橈足類幼生，育苗天數達 12 天，魚苗全長超過 3.2 mm (圖 3)。



圖 1 配對的多彩刺尻魚種魚



圖 3 開口第 12 天的多彩刺尻魚魚苗

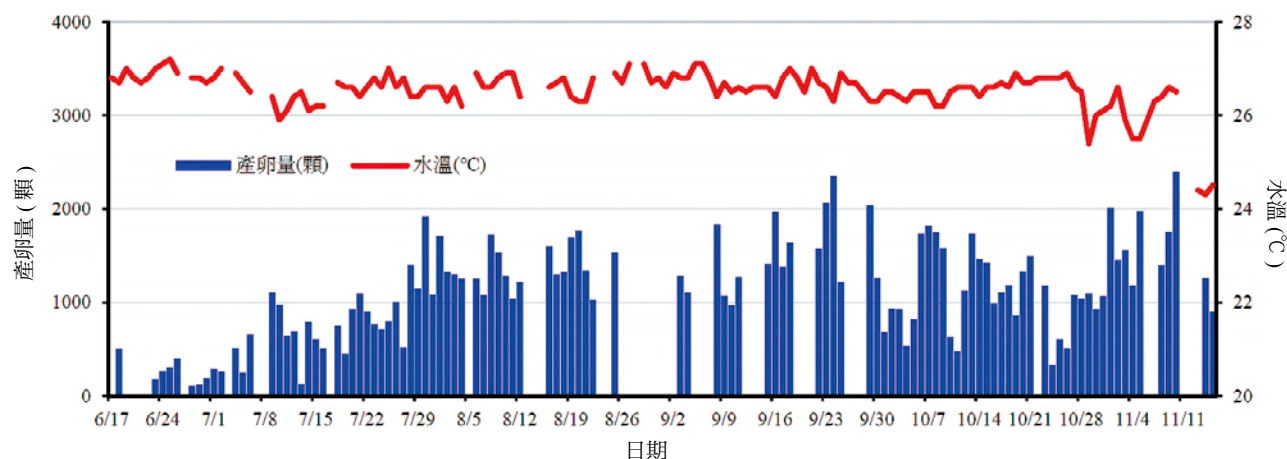


圖 2 2025 年多彩刺尻魚種魚產卵結果

安波托蝦量產模組技術開發

城振誠、吳玉霞
澎湖漁業生物研究中心

安波托蝦 (*Thor amboinensis*) 體呈棕褐色鑲嵌白色斑塊，是一種棲息在熱帶潟湖、海灣和珊瑚礁中與海葵共生的蝦種。因體型精巧適合棲息在小型水族缸。為了降低自然族群受到人為捕撈的壓力，建立人工繁殖技術刻不容緩。本研究應用前期探討孵化時間與水溫關係的結果，及初期蝦苗（蚤狀幼體第一期至第四期）在不同溫度、鹽度、餌料密度及餵食時機對成長及活存的影響所建立最適育成條件做為量產的依據。並利用相關蝦類的種蝦及蝦苗培育技術，控制環境使種蝦持續產卵孵化，讓蝦苗在良好的環境及餌料的控制下成長，穩定的產出稚蝦。

安波托蝦是一種會變性的蝦種，雌雄比例的變化將影響產卵母蝦的數量。安波托蝦變態後 1 個月開始出現變性雌蝦（雌雄比約 10%），變態後 2 個月性比趨於穩定（雌雄比約 40%）。蒐集培育 1 年後的雄蝦進行變性觀察，1 個月後開始出現變性雌蝦（雌雄比約 10%），3 個月後（雌雄比約 30%）性比緩慢上升並趨於穩定。以不同性比（0 – 90%）培育種蝦（圖 1），

1 個月後性比約 20% 以上，2 個月後性比約 40% 以上，並趨於穩定；雌雄比 > 50% 的組別，性比維持穩定。本量產模組累計產出安波托蝦稚蝦 10,000 隻 / 年以上（圖 2）。

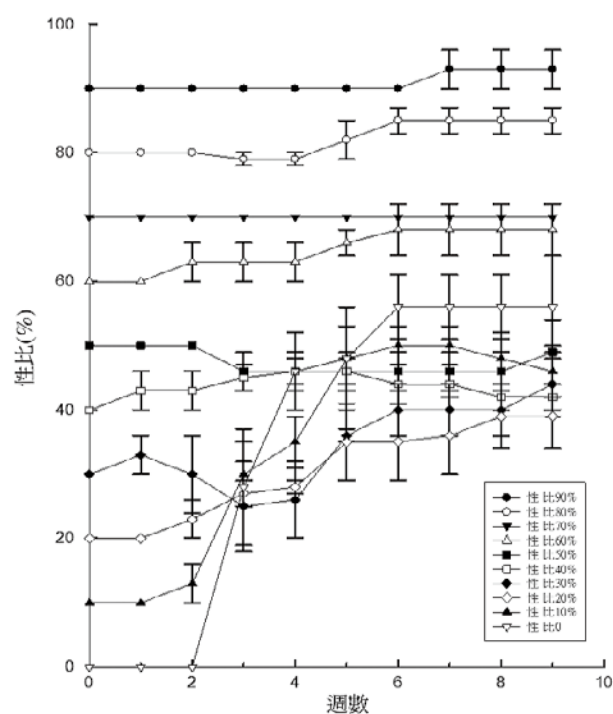


圖 1 安波托蝦的性比變化與時間的關係

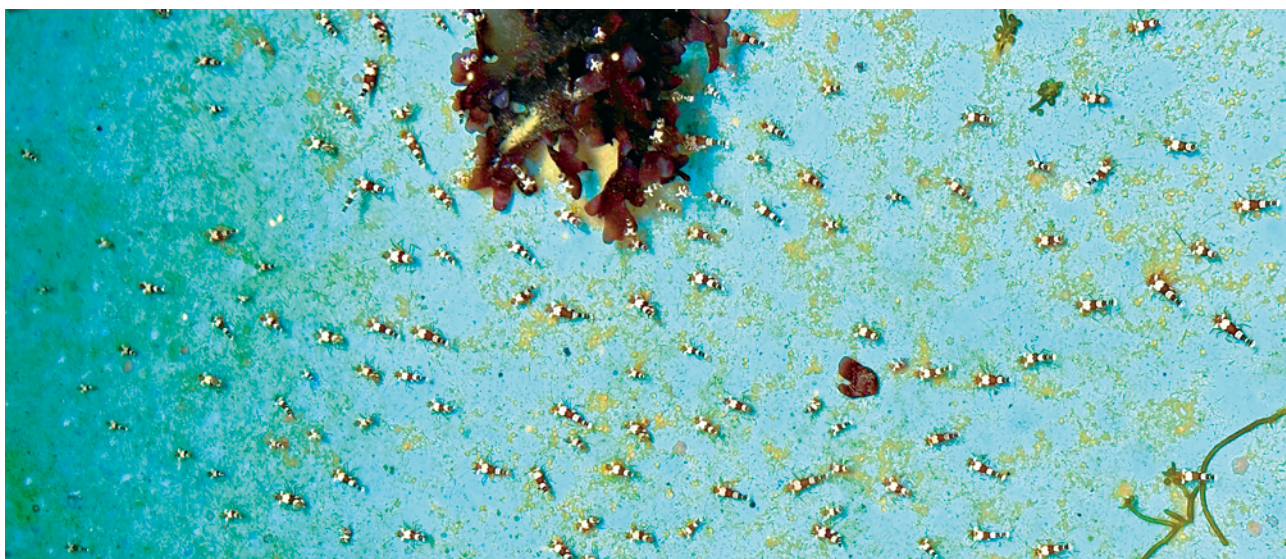


圖 2 量產的安波托蝦

六、重要水產生物育種

淡水地區臺灣文蛤遺傳多樣性之分析

宋嘉軒¹、何欣玗¹、顏綵霞¹、陳高松¹、蕭聖代²

¹技術服務組、²海洋漁業組

文蛤是臺灣陸上養殖二枚貝中產值及產量最高的養殖物種，主要養殖地區集中於彰化、雲林、嘉義、臺南沿海的養殖魚塢。2024 年的產值為 58.63 億元，產量為 4.77 萬公噸。本研究鑑定 2025 年彰化、雲林及嘉義的養殖文蛤種類皆屬於臺灣文蛤 (*Meretrix taiwanica*)，並未發現中華文蛤 (*M. petechialis*) 及源自日本的麗文蛤 (*M. lusoria*)。以 *cox1* 基因進行族群遺傳多樣性分析結果顯示：(1) 彰化養殖文蛤採樣 2 族群：3 月族群 30 個樣本中，具 8 種單倍型、8 個多型性位點 (S)，單倍型多樣性 (Hd) 為 0.7706，核苷酸多樣性 (π) 為 0.00219，Tajima's D 檢測為 -0.99744，族群內遺傳不具顯著差異；4 月族群 30 個樣本中，具有 9 種單倍型、15 個多型性位點，單倍型多樣性為 0.598，核苷酸多樣性為 0.0024，Tajima's D 檢測為 -1.66678，族群內遺傳不具顯著差異。(2) 雲林養殖文蛤 29 個樣本中，具有 7 種單倍型、7 個多型性位點，單倍型多樣性為 0.633，核苷酸多樣性為 0.00203，Tajima's D 檢測為 -0.87133，族群內遺傳不具顯著差異。(3) 嘉義養殖文蛤 30 個樣本中，具有 18 種單倍型、13 個多型性位點，單倍型多樣性為 0.800，核苷酸多樣性為 0.00352，Tajima's D 檢測為 -1.79225，族群內遺傳不具顯著差異。

淡水河口是臺灣文蛤的原生棲地，2025 年於 3、4 及 5 月不同採樣點進行遺傳多樣性分析結果顯示：(1) 3 月族群 29 個樣本中，有 9 種單倍型、14 個多型性位點，單倍型多樣性為 0.608，核苷酸多樣性為 0.00234，Tajima's D 檢測為 -1.99543，族群內具顯著遺傳差異 ($p < 0.05$)；(2) 4 月族群 30 個樣本中，具 12 種單倍型，13 個多型性位點，單倍型多樣性為 0.715，核苷酸多樣性為 0.00284，Tajima's D 檢測為 -1.52789，族群內遺傳不具顯著差異；(3) 5 月族群 30 個樣本中有 9 種單倍型，14 個多型性位點，單倍型多樣性為 0.694，核苷酸多樣性為 0.00293，Tajima's D 檢測為 -1.61998，族群內不具顯著差異 (表 1)。綜合分析淡水河口文蛤多樣性數值在 0.608 – 0.715，養殖文蛤的多樣性數值介於 0.598 – 0.800，顯示目前臺灣各地文蛤族群多樣性仍呈現良好的狀態。

將 2025 年淡水河口 3 個文蛤族群和養殖文蛤族群進行 *cox1* 基因交流指數 (Nm) 與族群間遺傳分化指數 (Fst) 分析，結果顯示兩個族群之間的基因交流指數為 62.021，遺傳分化指數為 0.008，顯示淡水河口族群和養殖文蛤族群基因交流頻繁且遺傳差異性不顯著。

表 1 2025 年文蛤族群 *cox1* 序列之遺傳多樣性分析

族群	個體數(n)	多型性位點(S)	單倍型數目	單倍型多樣性(Hd) (±標準差SD)	核苷酸多樣性(π) (±標準差SD)	Tajima's D檢測
淡水11403	29	14	9	0.608 (±0.101)	0.00234 (±0.00081)	-1.99543*
淡水11404	30	13	12	0.715 (±0.089)	0.00284 (±0.00065)	-1.52789
淡水11405	30	14	9	0.694 (±0.072)	0.00293 (±0.00079)	-1.61998
彰化11403	30	8	8	0.706 (±0.064)	0.00219 (±0.00030)	-0.99744
彰化11404	30	15	9	0.598 (±0.103)	0.00308 (±0.00080)	-1.66678
嘉義11405	30	13	18	0.800 (±0.061)	0.00352 (±0.00079)	-1.79225
雲林11405	29	7	7	0.633 (±0.090)	0.00203 (±0.00046)	-0.87133

* $p < 0.05$

開發龍虎斑multiplex PCR鑑定技術

宋嘉軒、何欣玗
技術服務組

石斑魚是臺灣水產養殖的重要魚種，隨著市場需求的不同，不同種類石斑魚的放養面積也出現了明顯的改變。2016 年以青斑 (包含點帶石斑及瑪拉巴石斑) 的放養面積最大，約有 1,196 公頃，龍膽次之，而龍虎斑只有 191.3 公頃；2019 年後龍虎斑的養殖面積超過其他兩種石斑魚，逐年增加到 2024 年，龍虎斑的放養面積為 852.7 公頃 (圖 1)，龍膽次之有 392.8 公頃，青斑的放養面積只剩 75.9 公頃，龍虎斑整體的放養面積佔所有石斑類放養面積 (1,337 公頃) 的 63.78%。

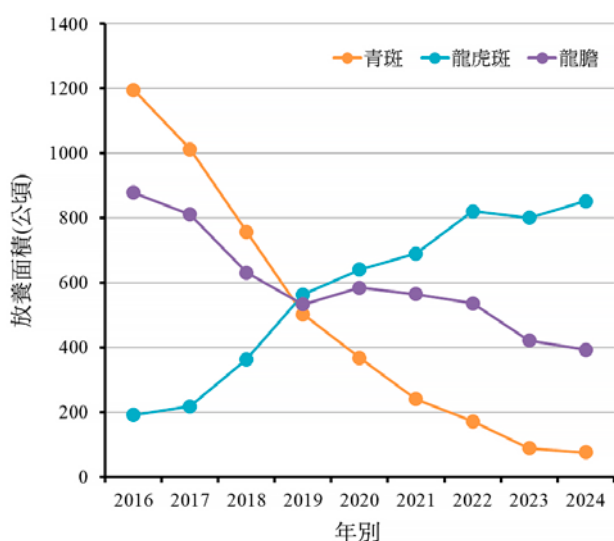


圖 1 臺灣大宗石斑魚養殖面積趨勢變化

龍虎斑因為成長快速、育成率高及肉質細緻，成為市場上的主力魚種。龍虎斑是雌性老虎斑 (*Epinephelus fuscoguttatus*) 和雄性龍膽 (*E. lanceolatus*) 的人工雜交魚種。雖然龍虎斑在外部型態上和老虎斑及龍膽具有差異，但如果是魚片或魚塊等加工產品時則無法判別，必須搭配 DNA 序列資料才可進行鑑別。然而，龍虎斑的粒線體基因序列與老虎斑基因序列的相似度很高，容易造成誤判及增加鑑別的困難。

2025 年開發龍虎斑檢測技術，利用多重聚合酶鏈鎖反應 (multiplex polymerase chain reaction, multiplex PCR)，挑選核基因區域及粒線體 Dloop 區域設計 PCR 引子，multiplex PCR 的偵測極限達 10 ng (圖 2)，可直接利用獨特之 gel pattern 進行快速鑑定，只有在龍虎斑的 DNA 樣品中會出現 800 bp、650 bp 及 300 bp 三個片段的 triple band (圖 3)，其他石斑魚則無三個片段，根據 multiplex PCR 的 gel pattern 即可快速及正確進行龍虎斑的鑑定。

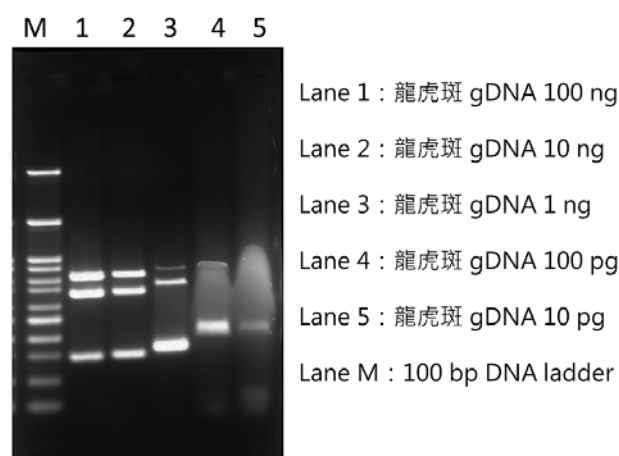


圖 2 multiplex PCR 檢測極限測試

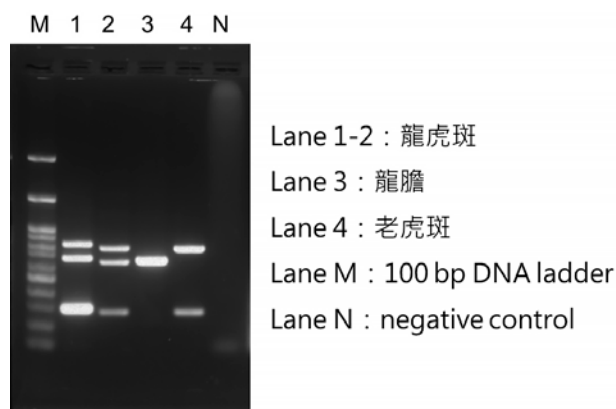


圖 3 multiplex PCR 反應產物電泳 pattern

建立文蛤參照群與基因組分析之研究

黃慶輝、朱惠真
水產養殖組

臺灣文蛤養殖產業突發幾次大量死亡事件，其致死原因包括劇烈的溫度變動、短時間強降雨、環境污染、細菌或病毒感染，以及養殖池水質惡化等因素。運用基因體研究尋找高逆境環境下具高存活率的文蛤養殖品系，被認為是改善臺灣文蛤養殖現況的關鍵策略之一。

臺灣養殖文蛤基因體的組裝選擇雲林養殖戶的樣本 (圖 1)，已成功組裝出兩套獨立、連續且精確的文蛤單倍基因組 (圖 2)，成為後續分析文蛤遺傳多樣性並建立分析文蛤環境適應、抗病性或特定經濟性狀基因的基礎資料。兩單倍體的基因體組裝品質 (genome) 完整率高達 92.4% 及 92.5%，且 duplicated 低 (1.4%)，顯示成功地組裝一個高品質、高度完整且分型 (haplotype) 良好的基因體序列。基因註釋品質 (proteome) 完整率更高達 95.4%，且 duplicated 高 (34%)，說明基因註釋軟體能夠在 2 個分型單倍體上找到並預測核心基因，證明分型組裝的成功。

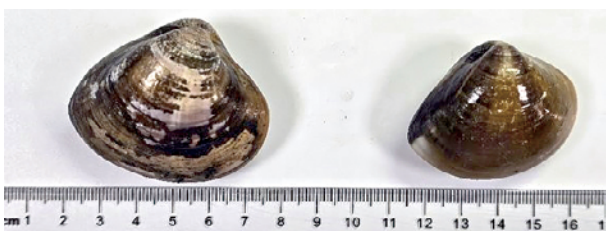


圖 1 用於基因體定序組裝的雲林養殖戶文蛤樣本

	Genome (n=5295)		Proteome (n=5295)	
	Hap1	Hap2	Hap1	Hap2
Haplotype				
Complete BUSCOs	92.4%	92.5%	95.4%	95.4%
Complete and single-copy BUSCOs	91.0%	91.1%	61.1%	60.7%
Complete and duplicated BUSCOs	1.4%	1.4%	34.4%	34.7%
Fragmented BUSCOs	1.0%	0.9%	0.4%	0.5%
Missing BUSCOs	6.6%	6.6%	4.1%	4.2%

圖 2 臺灣養殖文蛤基因組組裝完整度評估 (含基因體及蛋白體)

2023 - 2025 年共構築 11 個微衛星座，微衛星 HC33、HC36、HC51、HC81 及 HC91 顯著偏離哈溫平衡係數 ($p < 0.001$)，其餘 6 組 (HC31、

HC32、HC34、HC35、HC37 及 HC38) 則符合遺傳平衡定律。遺傳分析顯示，HC31 與 HC37 基因座之特定基因型與文蛤成長性狀具有顯著相關性，其中 HC31 的 250/250 及 HC37 的 475/475 基因型皆表現出較佳的殼長成長優勢 (表 1、2)。本研究亦發現殼色與成長表現具有一致關聯性，殼色偏淺之文蛤在不同基因型中皆呈現較佳的殼長表現，而深色殼文蛤則成長較慢且族群比例偏低。綜合基因型與殼色分析結果，未來若能善用本所既有之文蛤育種基礎，並進一步結合高階分子育種技術如基因編輯或全基因組選育，將有望顯著提升臺灣文蛤育種之競爭力，促進產業升級，並推動貝類養殖朝向永續與高附加價值方向發展。

表 1 以微隨體 HC31、HC37 分析參照群 F_3 之 5 月齡殼色及基因型的相關性

參數 (HC31)	基因型 250/250	比例 (%)	基因型 236/250	比例 (%)	基因型 236/236	比例 (%)
淺殼色	12.31±0.89 ^a	20	11.99±0.73	5	-	-
斑殼色	12.55±0.56 ^a	45	10.23±0.22	6	10.99	2
深殼色	9.83±0.44 ^b	4	-	-	-	-
總計	-	69	-	11	-	2

參數 (HC37)	基因型 475/475	比例 (%)	基因型 475/405	比例 (%)	基因型 405/405	比例 (%)
淺殼色	12.03±0.77 ^a	15	11.56±1.20	4	-	-
斑殼色	11.95±1.01 ^a	45	11.77±0.86	8	10.18	2.5
深殼色	10.43±1.03 ^b	3	-	-	-	-
總計	-	63	-	12	-	2.5

表 2 以微隨體 HC31、HC37 分析參照群 F_3 之 9 月齡殼色及基因型的相關性

參數	基因型 250/250	比例 (%)	基因型 236/250	比例 (%)	基因型 236/236	比例 (%)
淺殼色	31.58±0.74 ^a	5	28.02±2.12	7	-	0
斑殼色	31.25±0.88 ^a	72	28.34±0.65	8	-	0
深殼色	28.55±0.67 ^b	5	26.11	2	27.64	1
總計	-	82	-	17	-	1

參數	基因型 475/475	比例 (%)	基因型 475/405	比例 (%)	基因型 405/405	比例 (%)
淺殼色	30.98±0.88 ^a	8	28.59±0.78	4	-	0
斑殼色	31.12±0.81 ^a	70	28.92±0.69	10	-	0
深殼色	28.15±0.59 ^b	3	26.95	2	26.33±1.87	3
總計	-	81	-	16	-	3

東北角野生九孔資源及遺傳背景之研究

金映玥、曾福生
水產養殖組

本研究結合潛水生態調查及分子標記技術探討臺灣東北角大武崙 (DWL) 野生九孔 (*Haliotis diversicolor*) 族群之現況，並建立環境、生物與遺傳層級之基礎資料。

根據本研究潛水觀測紀錄，野生九孔主要棲息於大型鵝卵石底質且海藻覆蓋度較高之棲地，並與多種底棲生物共存 (圖 1)。根據 2024 – 2025 年於主要研究地點大武崙 (DWL) 水下調查結果顯示 (圖 2)，野生九孔豐度具有明顯年際變動，且其變化趨勢與大型藻覆蓋率一致。2024 年強颱風凱米侵襲造成大型藻覆蓋率大幅下降，九孔觀察量亦隨之降低；至 2025 年大型藻覆蓋率回升後，九孔數量亦同步增加，顯示大型藻覆蓋率可能為影響野生九孔族群的重要環境因子。相關性分析顯示九孔豐度與大型藻覆蓋率呈中度正相關，惟受限於樣本數尚未達統計顯著，而九孔豐度與水溫則未呈現顯著相關。

遺傳分析方面，本研究以 3 個微衛星標記分析基隆市大武崙 (DWL)、新北市濱海公路 (83.6K) 及臺東養殖九孔種苗場 (TD) 共 3 群九孔樣本 (表 1)，野生族群之等位基因數 (Na) 與有效等位基因數 (Ne) 均高於養殖族群，顯示野生族群整體遺傳多樣性仍較高。三族群期望雜合度 (He) 皆維持於高水準，惟養殖族群之觀察雜合度 (Ho) 顯著偏低，並具有最高的近交指數 (Fis)，顯示可能因親本來源有限與長期人工選育而產生雜合型缺失與近交風險。

值得注意的是，野生族群亦呈現 Ho 低於 He 的現象，顯示存在一定程度的雜合型缺失，可能與九孔幼生擴散能力有限、地理阻隔、歷史上曾發生瓶頸效應或本研究微衛星標記有關。綜合而言，本研究顯示東北角野生九孔族群在環境擾動下呈現明顯資源量波動，並已觀察到潛在的雜合

型缺失風險。未來建議持續累積長期生態監測資料，並增加分子標記數量以提升族群遺傳結構解析力，作為野生九孔資源管理、保育與棲地保種策略規劃之參考基礎。

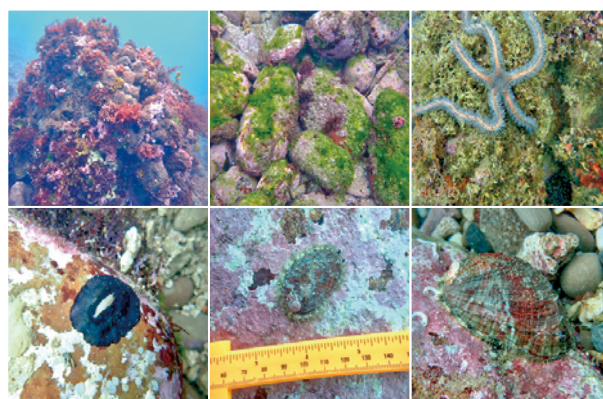


圖 1 野生九孔主要棲息於石塊底部，常與其他底棲生物共存

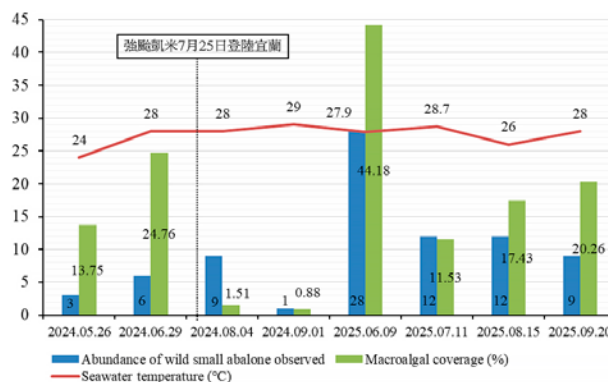


圖 2 2024-2025 年水下調查期間之大武崙試驗地點大型海藻覆蓋率、野生九孔豐度及水溫變化

表 1 基隆市大武崙 (DWL)、新北市濱海公路 (83.6K) 及臺東養殖九孔種苗場 (TD) 共 3 群九孔樣本之微衛星遺傳多樣性結果

Population	N	Na	Ne	Ho	He	Fis
DWL	40	25.00	16.16	0.51	0.94	0.45
83.6K	45	24.67	15.13	0.45	0.93	0.52
TD	34	22.33	14.32	0.36	0.93	0.61

振興臺灣九孔養殖產業—種苗培育與不同品系研發(III)

杜金蓮¹、張詠政²、涂智欽²、王彙喬²、冉繁華²、徐德華²

¹水產養殖組、²國立臺灣海洋大學

九孔曾是臺灣極具經濟價值的養殖貝類，惟過去受鮑疱疹及肌肉萎縮症等病毒疫情重創，導致產業一度蕭條。儘管透過引入日本九孔與臺灣野生族群進行雜交選育，成功提升種原多樣性與養殖活存率，使產量略有回升；然而，近年來面臨中國低價鮑魚的強勢競爭，目前臺灣九孔年產量僅維持在 100 – 200 公噸。

在本所與國立臺灣海洋大學通力合作與持續投入育種研究下，已成功繁養出超過 15,000 顆九孔 108 品系 F₄ 世代，並同步進行前 113 族群的優化篩選作業。研究數據顯示，108 品系個體生長表現差異性大，極具選育價值。為此，研究團隊進一步採用「逆境選育」策略，將九孔種苗置於無遮網的室外池環境，在自然溫差挑戰下，精確挑選出成長最佳的個體。目前，相關優選種原已提供給 2 家種苗業者進行推廣與應用，預期將有效提升民間養殖的種原多樣性，並促進九孔養殖產業之永續發展。

此外，研究團隊進一步導入次世代分子標記分析技術 (ISSR-seq)，針對九孔 108 品系、日本種原及其他商業品系進行系統性的遺傳結構分析與比較研究。分析結果顯示，108 品系不僅具備高遺傳純度，且其遺傳背景亦與目前之商業品系 (A-D、日本) 截然不同 (圖 1)。基於上述遺傳特性，預期將 108 品系提供予相關業者進行雜交配種後，其子代將具備雜交優勢；同時，本研究團隊亦能藉由分子標記技術，持續且精準追蹤後續繁養殖過程中可能產生的複雜親緣關係，確保種原管理與選育流程之科學性與可控性。甚至針對資源放流的個體進行來源追溯，藉以評估資源放流後之活存情形、族群結構變化等成效，作為未來資源管理與放流策略調整之重要依據。

本計畫調查 12 戶業者發現面對國際競爭與

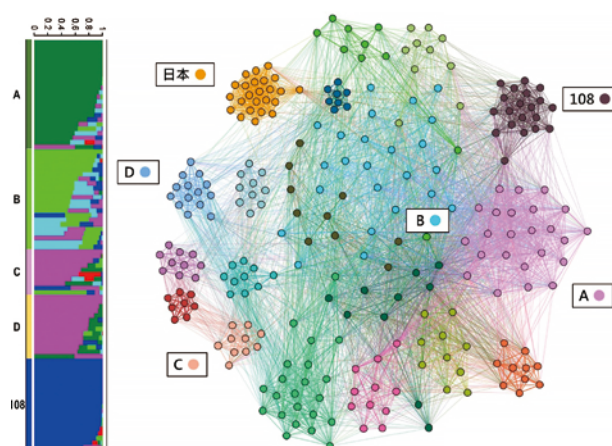


圖 1 使用 ISSR-seq 進行遺傳背景建立及分析

環境變遷的雙重壓力，已有 58% 業者願意轉型兼營觀光，且 75% 的業者願意參與專業培訓，顯示產業求變的強烈意圖。為此，團隊開發 4 套結合知識與趣味的主題教案，並製作專屬的《九孔食農教育暨小旅行手冊》(圖 2)。在實際導入示範活動後，獲得 98% 的高滿意度，特別是『潮間帶親水體驗』成功打動了都會區民眾，證明體驗經濟的可行性。本計畫提出『行銷宣傳 × 深度體驗 × 地方共榮』的發展藍圖，將持續協助業者導入永續理念，打造獨屬於東北角的九孔藍色觀光品牌。



圖 2 九孔食農教育暨小旅行手冊

運用 SNP 技術分析不同產地養殖吳郭魚差異之研究(II)

張凱傑、陳榮華、王俐文、邱詠傑
淡水養殖研究中心

本研究運用單核苷酸多態性 (single nucleotide polymorphism, SNP) 生物晶片技術，篩選並建構可有效鑑別不同產地來源之養殖吳郭魚分子標記系統。研究核心目標在於建立以臺灣種苗場為主體之 SNP 基因型資料庫，透過解析不同地理來源族群在核酸層級上的遺傳差異，發展高解析度之分子鑑別工具，作為吳郭魚產地辨識與 DNA 來源標記技術之科學依據，並同步擴充臺灣鯛種苗之遺傳背景資料。

在樣本蒐集方面，國內已自 4 家吳郭魚種苗繁殖場取得共 303 件樣本；國外樣本則分別來自中國、越南、馬來西亞、泰國及印尼，總計蒐集 331 件檢體，涵蓋東亞及東南亞主要養殖與輸入來源區域，具代表性之地理與產業背景。

所有樣本均以冰鮮方式保存，並於低溫條件下迅速採集足量去皮肌肉組織進行處理。核酸萃取採用磁珠式商業化基因組 DNA 萃取套組，萃取完成之 gDNA 經由瓊脂糖膠電泳、核酸濃度測定及吸光值比值檢測進行品質之控管。通過品質標準之樣本，統一轉置至 96 孔盤後，送交專業生技公司進行 SNP 基因晶片分析，最終成功完成 281 件檢體之上機分析作業。

依據 SNP 晶片所獲得之位點資訊，並整合 NCBI 資料庫之公開序列進行綜合分析後所建構之親緣關係樹顯示，來自 17 個不同產地來源之吳郭魚樣本可劃分為 10 個主要遺傳群集。其中，中國福建漳州樣本顯示為吉利型與黑邊型之混合族群，吉富種則形成明顯獨立分群，其餘群集多呈現複合來源與遺傳背景交錯之特性。進一步透過集群分析 (K-means clustering) 可明確區隔臺灣、中國、東南亞來源樣本及吉富種，顯示其在整體遺傳結構與基因組組成上具有可辨識之差異 (圖 1)。

在產地專一性 SNP 位點分析方面，依集群結果將同一地區之樣本資料進行整合，篩選各地高度保留之特徵位點。分析結果顯示，臺灣樣本共可鑑定出 1,035 個具高度專一性之 SNP 位點，中國樣本則可鑑定 1,578 個專一性 SNP 位點，這些位點具備作為產地鑑別分子標記之潛力，後續可據此進行鑑別組合設計與實務驗證。

整體而言，SNP 生物晶片技術已在吳郭魚等重要養殖物種中展現高度成熟與多元應用潛力，無論於族群結構解析、品系追蹤、遺傳管理或產地鑑別，皆具實質支撐價值。結合臺灣現有之種原保存體系與持續更新之樣本與基因型資料，未來可進一步強化吳郭魚遺傳與產地鑑別能力，作為支撐育種效率提升、產業風險管理與市場信任機制之重要科學基礎。

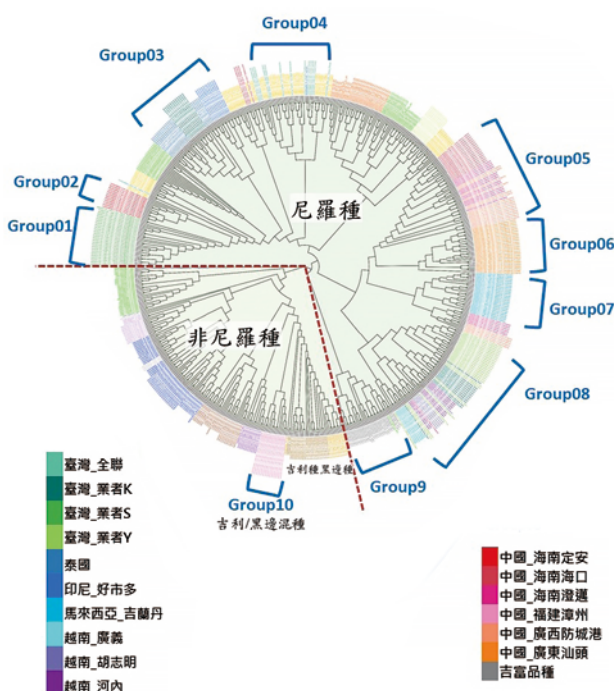


圖 1 以 SNP 晶片分析不同產地養殖吳郭魚遺傳差異

吳郭魚抗逆境數位育種之研究與應用

張凱傑¹、杜金蓮²、陳榮華¹、金映玥²、陳建彰¹、王俐文¹、黃奕瑄¹、游蓁¹

¹淡水養殖研究中心、²水產養殖組

本計畫由本所、國立臺灣海洋大學及中央研究院共同合作，旨在建立吳郭魚數位育種平台，導入基因體學、表型體學與轉錄體學等跨體學資料，以強化我國吳郭魚育種研究能量與系統化資料管理（圖 1）。

本 (114) 年度工作可分為兩大面向，第一部分著重於淡水尼羅吳郭魚品系之生長與遺傳評估。針對 N2、N3 兩品系完成 3 與 6 月齡之體長、體重、外觀型質、活存率及飼料效率調查，並建立影像數位化資料。同時利用高通量 SNP 晶片進行親緣與族群結構分析，以評估長期選育效益與抗逆境潛力。無乳鏈球菌攻毒試驗結果顯示，歐利亞吳郭魚 A2 與尼羅吳郭魚 N3 具較佳活存率，而莫三比克吳郭魚 M3 為高度感病品系。進一步針對 N2、M2、A2 之肝臟轉錄體分析發現，感病與中度抗性品系在感染後呈現大規模免疫與代謝路徑重塑；相較之下，高抗性品系 A2 只需調控少數關鍵基因，即可維持防禦與生長之平衡。整體而言，本部分完成主要品系在成長、體型、族群結構、抗病性與分子層面的資料蒐集分析，為未來基因體選拔及耐逆境育種奠定基礎。

第二部分為跨體學整合之滲透壓適應研究。本研究以同一批次海水魚 (TFS 海水吳郭魚) 為材料，於卵黃囊吸收後分別飼養於海水與淡水 3 個月，並對鰓、腎臟進行轉錄體分析，同時取得鰓、小腸、大腸與肌肉進行組織學檢視。結果顯示，海水魚採「高能量排鹽型」策略，離子轉運基因 (Na/K-ATPase、ClC-Kb 及 SLC22 等) 明顯上調，伴隨 HSP90、S100A 及 Peroxiredoxin 等抗壓與抗氧化基因活化；鰓上皮增厚、氯化細胞增加且腸道黏膜更緊密。相對地，淡水魚呈現「低能量吸收型」策略，AQP1、Rh-type、核糖體蛋白等基因上升以促進離子吸收與組織修復；腎臟中血紅素、Ferritin 與造血相關基因亦顯著提高。跨體學整合結果揭示，鰓-腸-腎共同形成協同之滲透壓調節軸線 (Gill-Intestine-Kidney Axis)，呈現多器官代謝重構與能量-離子協同調控。

綜合而言，本計畫已建立吳郭魚育種之核心基礎資料與跨體學研究架構，有助於提升未來耐鹽、抗病及耐環境變異等重要性狀之育種效率，並對氣候變遷下的水產養殖適應策略具重要應用價值。

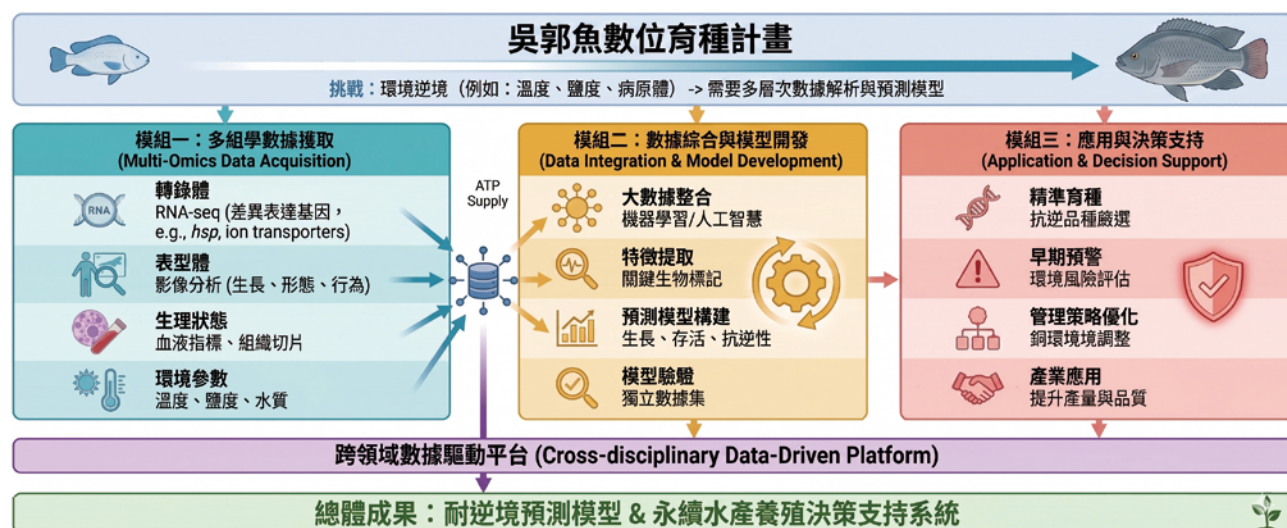


圖 1 耐逆境試驗整合：轉錄體、表型體、生理狀態與環境參數之綜合數據模型開發

海水吳郭魚的選育與改良

陳榮華¹、王俐文¹、張凱傑¹、杜金蓮²

¹淡水養殖研究中心、²水產養殖組

關注海水吳郭魚性別、耐鹽、紅色體色等性狀選育計畫分為兩部分進行，第一部分針對海水吳郭魚的單雄性養殖，另一部分則是專注於疊加既有耐鹽品系與紅色外型品系的性狀，希望做出穩定的紅色海水吳郭魚基礎群，並且找出海水吳郭魚的性別與耐鹽分子標記。

有關海水吳郭魚單雄性品系育種部分，一般市場所知的海水吳郭魚是名為「黑公」的莫三比克吳郭魚 (*Oreochromis mossambicus*) 雄魚，因肉質鮮美，沒有土臭味，其需求與價格都相當高，而莫三比克吳郭魚雌魚則市場價值較低，且在養殖池中族群為雌雄混養，養殖效益並不佳，而目前臺灣並沒有控制莫三比克吳郭魚遺傳性別的技術。面對此問題，藉由分子輔助選育技術來調整養殖過程中魚苗的性別比例，進而提高整體經濟效益及養殖戶的收益。調查文獻找出與性別相關之各項分子標記，進行試驗，已篩選出可用於鑑別本中心莫三比克吳郭魚之性別分子標記。除了找出性別分子標記外，還對於莫三比克吳郭魚的全序列 SNP 遺傳背景進行分析，確認種原遺傳背景乾淨與獨立；並且額外做了與尼羅種吳郭魚的雜交試驗評估，發現莫三比克吳郭魚與尼羅超雄性吳郭魚雜交的後代，並沒有雄性率與外型上的優勢 (圖 1、2)。

另一選育對象為紅色海水吳郭魚，選育過程中，著重於遺傳機制與耐鹽性狀的分子標記的建立，奠定了後續分子選育的基礎。為克服 RAPD 標記的專一性和再現性不足，成功將具多型性的片段轉化為高可靠度的 SCAR 標記，有效提升分子鑑定的實用性與可信度。在耐鹽性狀的分子標記篩選中，P73、P36 等引子已展現出區分不同品系的能力，為耐鹽基因的定位提供初步線索。SCAR550 標記分析不同雜交組合的呈現顯著結

果。該標記穩定存在於耐鹽品系 TFS 和 YFS 中，且在 TFS 擔任母本的雜交組 (TFS × TsRn) 中得到 PCR 擴增產物，但在 TsRn 擔任母本的反交組 (TsRn × TFS) 中則無擴增產物。此結果明確指出耐鹽性狀與 TFS 基因來源密切相關，並展現出顯著的母體效應，為未來以 TFS 品系為核心進行耐鹽育種，提供分子選育的依據和方向。

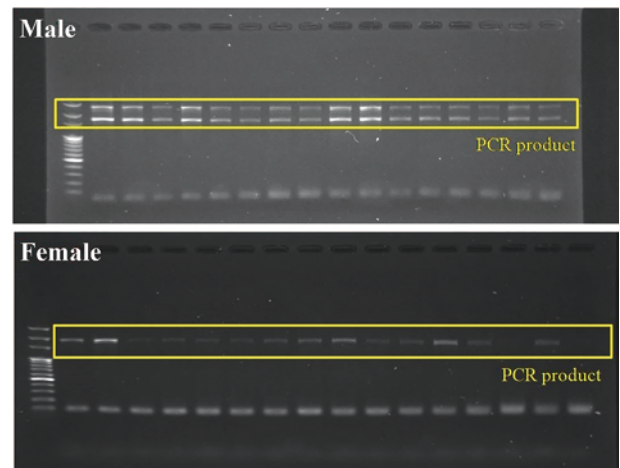


圖 1 針對莫三比克吳郭魚 *O. mossambicus*- III 品系的性別分子標記，可以區分雄魚和雌魚



圖 2 莫三比克海水吳郭魚雌魚 (上) 與雄魚 (下)

養殖高結子率烏魚系群的篩選與培育

劉恩良、黃德威、楊順德
淡水養殖研究中心

在臺灣鄰近西北太平洋海域烏魚有三大系群(溫帶型 NWP1、黑潮型 NWP2、熱帶型 NWP3)，主要活動在各自對應的生態海域，近年因全球氣候變遷，大氣與海洋溫度明顯影響魚類洄游。而臺灣目前養殖烏魚苗的來源皆為野生撈捕，為確保烏魚養殖產業面臨氣候變遷所造成烏魚苗的永續適性養殖，與對應高結子率的分子標記做為未來人工繁殖種魚的選育有其重要性。

本研究已經完成 570 個烏魚系群 DNA 鑑定工作，其中 320 尾烏魚苗與 250 尾烏魚亞成魚 PCR 反應，皆顯示為黑潮型 NWP2 系群。同時也

紀錄收集之烏魚苗與烏魚亞成魚的成長曲線(圖 1)。

已建構快速檢測技術，溫帶型 NWP1 與熱帶型 NWP3 系群的 RPA 側流試紙條測試皆展現 100% 靈敏度、100% 專一性，且最低偵測極限(LOD) 達 0.01 – 0.10 ng/μL，顯示其可在極低之 DNA 濃度下仍維持良好判讀的品質(圖 2)。

針對養殖高結子率黑潮型烏魚 NWP2 系群設計 5 組可用於 PCR 與 RPA 的引子組進行系統性性能比較，已篩選最具發展潛力的兩組引子 A1 與 A5 引子(圖 3)。

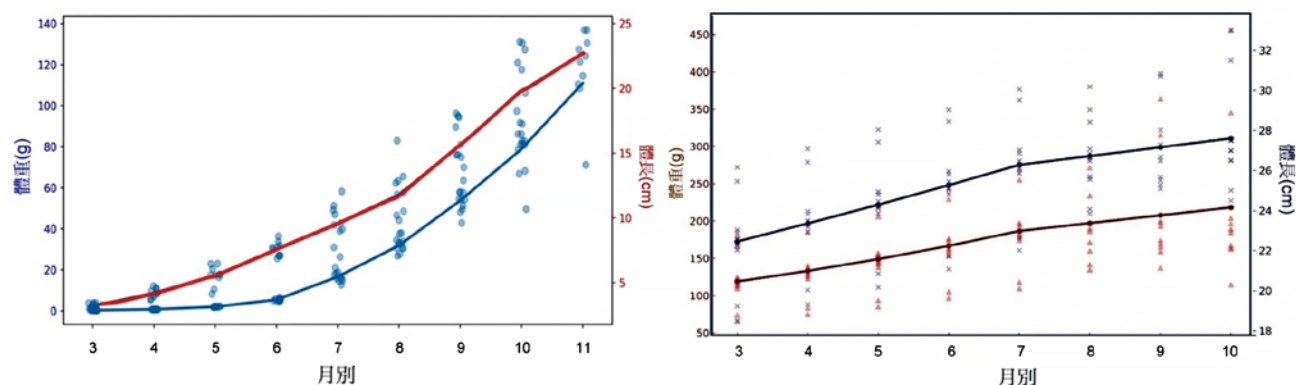


圖 1 烏魚 (*Mugil cephalus*) 稚魚 (左) 與亞成魚 (右) 於 2025 年 3-10 月在淡水育成池中的每月體重與體長之成長變化 (每月樣本數 N=10)

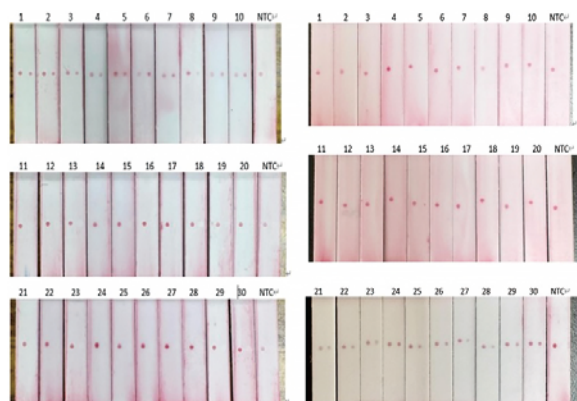


圖 2 NWP1 與 NWP3 試紙優化測試結果 (靈敏度=100%; 專一性=100%, N=30)

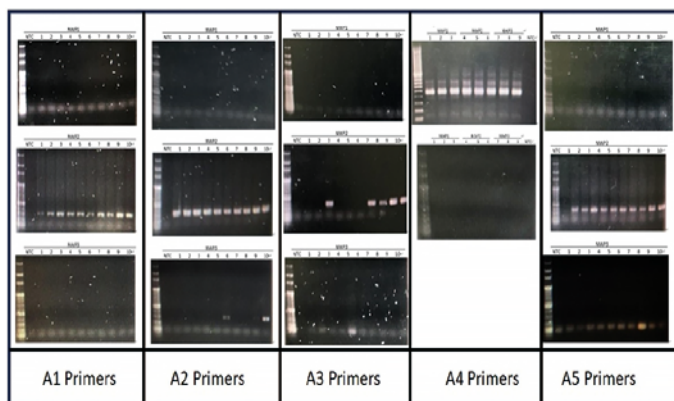


圖 3 NWP2 與 RPA 的引子組 (A1-A5) 進行 PCR 系統性性能比較。綜合比較判定 A1 與 A5 為本階段最具發展潛力的兩組引子

精準農業生物技術水產生物田間隔離試驗與強化風險評估技術平台(V)

謝淑秋、劉于溶、胡依婷、黃致中、朱永桐
海水養殖研究中心

本所「基因改造水產生物田間隔離試驗設施」係依相關法規設置之專用場域，透過物理隔離、管控流程與監測措施，防止試驗生物外洩，確保試驗安全、環境保護及研究資料之可靠性。

本研究主要目標進行基因改造水產生物田間試驗設施營運管理，充實各項基因轉殖水產生物安全風險評估資訊，執行基因改造水產生物田間試驗之遺傳特性調查與生物安全評估。

此外，為因應未來各種本土或外來基因編輯魚種的檢測，本研究以 CRISPR/Cas9 技術進行成長 (*pik3r1*, phosphoinositide-3-kinase regulatory subunit 1) 和體色 (*slc45a2*, solute carrier family 45 member 2) 相關基因修補建立 SDN1 基因編輯魚品系，以此品系應用於檢測技術開發及對魚隻成長評估。

研究結果顯示，在基因編輯魚 F_0 世代在成長中有觀察到不同死亡比例情形，顯示 *pik3r1* 及 *slc45a2* 基因編輯會部分影響魚隻活存，在受精後第 30 天的活存率分別為 37.2% 和 20% (圖 1)。另在 *pik3r1* 基因編輯 F_0 成魚可觀察到體重明顯上升 (圖 2A)，而 *slc45a2* 基因編輯 F_0 胚胎中則有觀察到明顯體色減低情形 (圖 2B、C)。此外，在 *pik3r1* 及 *slc45a2* 這兩個基因編輯魚 F_0 世代魚隻，可經由與野生種斑馬魚配對產下 F_1 世代，經由 heterduplex 結構及定序證明，*pik3r1* 基因編輯魚 F_0 世代可以遺傳到 F_1 世代，其傳代率 (8/11 = 72.7%) 較高，*slc45a2* 基因編輯魚 F_0 世代也可遺傳到 F_1 世代，但其傳代率 (4/11 = 36.4%) 則較低，且可以在 F_1 胚胎中觀察到明顯體色減低情形。

本計畫期能提供完善隔離場地供基因改造 / 基因編輯水產生物在研發或未上市前進行生物安全試驗與評估，以能有效管控及減輕對環境生態

造成之影響，並期能提升臺灣地區水產養殖生技產業之發展。

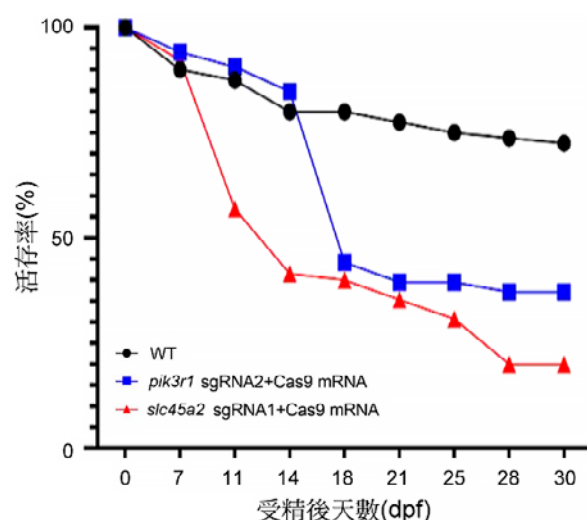


圖 1 野生種斑馬魚 (WT)、生長發育 (*pik3r1*) 和體色相關 (*slc45a2*) 基因編輯魚在受精後 30 天的基因編輯魚胚胎活存率

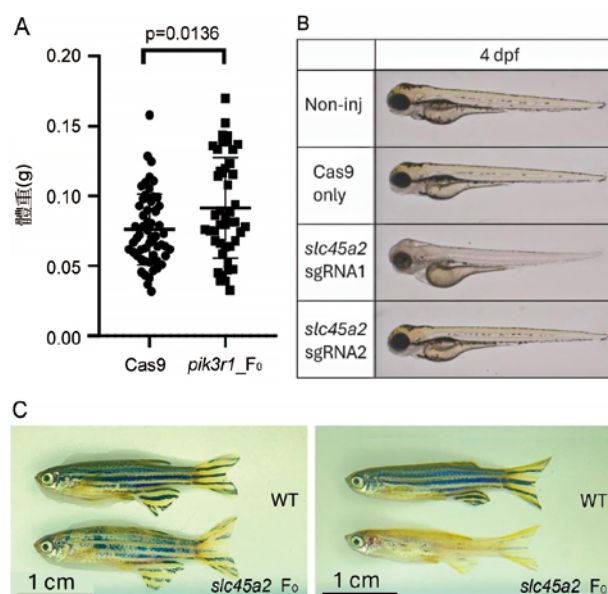


圖 2 基因編輯魚 F_0 世代之表型 (A) *pik3r1* 基因編輯魚受精後 3 個月體重；野生種斑馬魚 (WT) 和 *slc45a2* 基因編輯魚在 (B) 受精後 4 天和 (C) 受精後 5 個月體色 (黑色素)

臺灣養殖牡蠣品系選育技術建立

邱允志、李婉婷、朱永桐
海水養殖研究中心

為選育具有良好的經濟特性的臺灣葡萄牙牡蠣 (*Magallana angulata*)，使其成為穩定的商業品系。本計畫以臺灣本土養殖牡蠣為核心，建立高成長、高活存優勢之改良品系，並且建立標準化選育流程。在此研究選育核心為透過量測組織重量與外型指數進行分析。外觀指數包括杯型比例 (殼寬度除以殼深度) 及扇型比例 (殼長度與殼深度的比率) 並且採用半同胞家系 (half-sib families) 概念，增加雌性牡蠣比例，藉此取得更多優良性狀，培育出更具經濟價值和環境適應能力的優良品種。

自雲林、嘉義、臺南牡蠣養殖區域，選擇當地業者自行附苗養成的牡蠣，篩選外型殼高及體型重量達 60 g 之牡蠣，每一縣市各採集一批牡蠣做為親本。採集後記錄其殼高、寬及重量作為種貝基礎資料紀錄、分析。經整體均重並且結合牡蠣個體的生長外型表現作為選擇親本的標準。

篩選杯型比例結果顯示，臺南種貝樣本的杯型比例為最高，達到 2.96%，高於雲林樣本的 2.77%，嘉義樣本則最低，僅 1.99%。扇型比例方面，臺南親本亦表現最佳，達 5.05%，高於雲林親本的 4.08%，嘉義親本則為 3.96%。數據顯示不同地區種貝具有顯著差異。

進行不同產地牡蠣子代 (F_1) 培育試驗時，透過人工受精方式對各地區牡蠣進行選別，並分析其雌雄比例及濕重肥滿度 (CI)。試驗結果顯示，雲林種貝的雌雄比為 41.7:58.3，嘉義種貝為 67.5:32.5，臺南種貝為 37.5:62.5。其中，嘉義種貝的濕重肥滿度達 23.71% (表 1)。試驗原則採用半同胞家系為概念，即以 1 顆雄性與 3 - 4 顆雌性種貝進行繁殖試驗。試驗分組以產地為標示，分別為自交組；由相同產地牡蠣挑選杯型、扇型比佳及肥滿度高的種貝進行培育。雜交組則挑選

不同產地的種貝，以相同選別條件進行培育。

篩選經濟性狀優良之子代 (F_1)，進行多種試驗組合來比較自交組、雜交組別浮游幼苗成長率及活存率 (表 2)。因試驗組別多樣，故先進行孵化率作為依據，篩選孵化率高的組別始進行培育。考量培養到附苗期的成功率，因此，低於 30% 的組別則汰除 (表 2)。

以生長及活存等參數選擇後，所留下的培養組有自交組：雲林組、臺南組；雜交組：雲林 ♂ × 臺南 ♀ 組、臺南 ♂ × 雲林 ♀ 組，共 4 組。

數據分析，篩選出具有種優勢的個體。在後續的保種作業中，將優先選經濟指標及外觀樣態佳的子代 (F_1) 為基礎，並透過逐年選育作業進一步強化其優良特性，最終目標為培育出具穩定性及高品質的牡蠣品系。

表 1 各產地種貝性狀分析

產地	雌雄比例(%)	濕重肥滿度 (CI)	杯型比 (%)	扇型比 (%)
雲林	41.7:58.3	18.64	2.77	4.08
嘉義	67.5:32.5	23.71	1.99	3.96
臺南	37.5:62.5	20.22	2.96	5.05

表 2 不同試驗組孵化率及活存率

組別	孵化率(%)	活存率(%)
雲林	12.3 ± 2.0	42.1
嘉義	3.9 ± 0.7	3.6
臺南	19.2 ± 5.1	50.8
雲林 ♂ × 嘉義 ♀	2.0 ± 1.8	0.0
雲林 ♂ × 臺南 ♀	53.0 ± 10.9	53.2
嘉義 ♂ × 雲林 ♀	4.3 ± 2.3	12.6
嘉義 ♂ × 臺南 ♀	3.2 ± 2.3	7.2
臺南 ♂ × 雲林 ♀	24.8 ± 10.7	38.4
臺南 ♂ × 嘉義 ♀	3.6 ± 2.2	3.1

文蛤選育技術之開發(II)

林峰右¹、林志訓¹、吳育甄¹、宋嘉軒²、劉勁甫¹、朱永桐¹

¹海水養殖研究中心、²技術服務組

本研究目的在解決臺灣文蛤養殖在極端氣候底質與水質變動加劇情境下，族群成長表現不穩定且選種育種缺乏科學量化依據之核心問題，期望提升文蛤的養殖及育種效率，以應對環境變遷的挑戰，建立可支撐長期育種與產業應用之選育基礎架構。

本研究採集共 12 批次樣本，其中 8 批次完成物種鑑定，跨年度追蹤 2 批次，總量測 5,538 顆臺灣文蛤 (*Meretrix taiwanica*)。本 (114) 年度整合雲林臺西養殖族群與新北淡水河口及臺南將軍地區野生族群樣本，透過粒線體 *COXI* 基因進行物種鑑定與族群遺傳結構分析，確認研究材料之物種一致性並解析不同來源族群之遺傳歧異度；同時配合多批次、跨年度之體表型追蹤，系統性量測殼長 (shell length, SL)、殼寬 (shell width, SW)、殼高 (shell height, SH) 及總體重 (total body weight, TW) 等成長性狀，結合成長曲線、殼長與體重相關性與百分位分析，建立不同商品規格之成長性能基準 (圖 1)。

研究結果顯示，文蛤野生族群之遺傳多樣性未明顯高於養殖族群，而養殖族群則呈現單倍型集中現象，顯示典型人工選育下之遺傳結構；體表型分析結果顯示，透過多批次、跨年度追蹤可清楚建立臺灣文蛤主要採收規格之成長性能基準，其中 40 – 50 粒 / 斤為族群中佔比最高之主

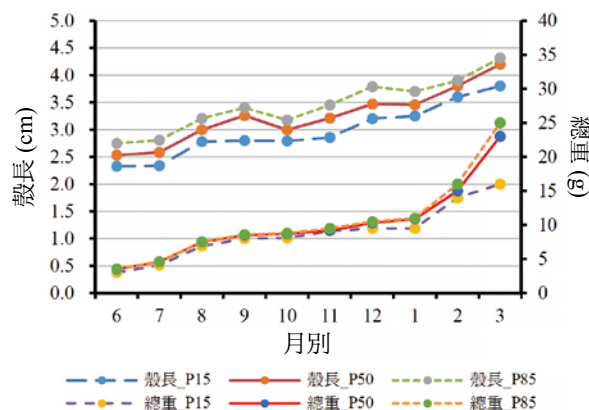


圖 1 文蛤於不同月別之殼長與殼重百分位成長曲線

要商品規格；30 粒 / 斤規格於殼長、殼寬、殼高及總體重等性狀表現上顯著優於其他規格，具較高經濟潛力，而 80 – 90 粒 / 斤規格則呈現成長受限之特徵 (表 1)。成長曲線與百分位分析進一步顯示，文蛤於養殖後期體重累積加速，且族群內部存在具高成長潛力之優勢個體，顯示結合成長歷程與百分位評估，可有效提升早期成長預測與選育決策之前瞻性。

整體而言，本研究成功建構臺灣文蛤族群遺傳結構與成長性能之基礎資料庫，將文蛤選種育種由單一採收時間點之經驗判斷，提升為結合遺傳資訊與長期成長歷程之量化決策模式，為後續親本選配、子代篩選及分子輔助選育技術之導入奠定關鍵基礎。

表 1 三種規格成長性能參數分析與規格比例

規格	比例數	殼長(cm)	殼寬(cm)	殼高(cm)	總體重(g)	成長曲線
A (30粒/斤)	15%	4.25 ± 0.08 ^a	2.24 ± 0.15 ^a	3.40 ± 0.15 ^a	20.60 ± 2.37 ^a	殼長4.3 ± 0.2 cm
	15/100					總重25.0 ± 1.2 g
B (40-50粒/斤)	58%	3.61 ± 0.40 ^b	2.00 ± 0.15 ^b	3.07 ± 0.07 ^a	14.55 ± 1.00 ^b	殼長4.2 ± 0.2 cm
	58/100					總重23.0 ± 1.1 g
C (80-90粒/斤)	6%	3.05 ± 0.05 ^c	1.70 ^b	2.51 ± 0.04 ^c	7.15 ± 0.37 ^c	殼長3.8 ± 0.3 cm
	6/100					總重16.0 ± 1.5 g

註：單因子變異數分析顯示，臺灣文蛤 (*Meretrix taiwanica*) 不同商品規格等級的殼長、殼寬、殼高和總體重有顯著差異 ($p < 0.05$)；不同上標字母表示經Tukey事後檢驗，各組間有顯著差異

因應極端氣候下經濟性蝦類耐受性品系之篩選(III)

葉怡均、楊明樺、蘇義哲、林如謙、杜信旻、陳盈達、吳豐成
東港養殖研究中心

近年來，極端氣候發生頻率頻繁，造成養殖池水溫、鹽度等水文條件劇烈變動，使蝦類長期處於高度環境緊迫狀態，進而增加疾病發生與死亡風險，對國內經濟性蝦類養殖造成顯著衝擊。因此，為提升國內養殖蝦類對極端氣候的耐受性，本研究利用 SNP 建立基因分型的方法，建立草蝦 (*Penaeus monodon*) 及淡水長臂大蝦 (*Macrobrachium rosenbergii*) 等物種之遺傳標記輔助選拔，了解基因型與外表型性狀的關聯性，再利用遺傳輔助選拔標記 (MAS) 進行育種，以提升蝦類養殖之穩定性並促進產業永續發展。

本研究收集草蝦野生與商業種原各一批，並完成種蝦成長選育及子代緊迫耐受性測試與成長比較。試驗結果顯示，草蝦商業及野生種原子代在急性低溫與低鹽緊迫下活存率皆高 (86 – 99%)，且無顯著差異，顯示耐受性相近。然而 5 個月養成結果顯示，商業種原的末重與產量 (38.6g、1.2 kg/m²) 均顯著高於兩批野生種原 (約 29 – 30g、0.7 – 0.8 kg/m²)，顯示其經育種累積的生長優勢；野生種原則耐受性足夠但養殖效益較低 (表 1)。此外，依據 Janpoom 等人 (2021) 研究，進行本中心草蝦高成長品系篩選及建立草蝦細胞週期蛋白 C (PmCyC) 基因分型方法，未來可做為成長選拔之依據。

淡水長臂大蝦部分，目前共保存 4 個品系，分別為 W109、C110、T111 與 I113 品系，本研究完成二階段成長選育及 C110 品系基因分型。依據 Haldar 等人 (2019) 研究，建立淡水長臂大蝦 lectin 3'3'UTR SNP (TT、GG) 基因分型，並比較不同基因型後代之生產表現。結果顯示，GG 基因型具有較高末重及比生長率，而 TT 基因型則具顯著較高活存率與單位面積產量，呈現生長與活存的補償效應 (表 2)。急性低溫緊迫試驗 (15°C，1 小

時) 中，兩基因型 PL20 之活存率為 47 – 53%，無顯著差異，表示該 SNP 與低溫耐受性無直接關聯 (表 3)。綜合而言，TT 基因型因其高活存率與產量，較具作為生產性狀輔助選拔標記之潛力。

表 1 草蝦 1 批商業種原與 2 批野生種原子代幼苗在急性溫度與鹽度緊迫下的活存率及成長表現

	商業種原	野生種原1	野生種原2
苗期			
PL5活存率(%)	10±8	18	45
放養PL日齡	22	36	29
PL均重(g)	0.076±0.008 ^b	0.024±0.002 ^a	0.068±0.014 ^b
溫迫活存率(%)	86±7	89±2	93±3
鹽迫活存率(%)	96±2	97±3	99±2
養成期(5個月)			
密度(PLs/m ²)	50	50	50
均重(g)	38.6±5.5 ^b	29.3±1.4 ^a	29.7±3.6 ^{ab}
成長(g/週)	1.7±0.2	1.3±0.1	1.3±0.2
活存率(%)	64±10	55±6	50±9
產量(kg/m ²)	1.2±0.1 ^b	0.8±0.1 ^a	0.7±0.2 ^a

表 2 淡水長臂大蝦 C110 品系不同 SNP 基因型之成長表現

參數	對照組	試驗一	試驗二
SNP基因型	GG	TT	TT
密度(隻/m ²)	1.44	1.44	1.44
初重(g)	9.7	9.7	9.7
末重(g)	26.8±8.2	22.7±1.6	15.8±2.0
比成長率(%/d)	1.7±0.5	1.5±0.1	0.8±0.2
活存率(%)	32.0±13.9	46.7±2.3	56.0±5.7
產量(g/m ²)	136.0±30.6	183.7±18.6	153.0±4.2

表 3 比較淡水長臂大蝦 C110 品系幼苗在急性溫度緊迫測試下的活存率

	控制組	試驗組一	試驗組二
放養PL日齡	10	12	14
PL均重(g)	0.05	0.05	0.05
溫迫活存率(%)	53.3±15.3	46.7±15.3	50.0±10.0

午仔魚種原擴增與選育

陳陽德、李彥宏、許自研、蘇義哲、王淑欣、王鐘慶
東港養殖研究中心

午仔魚(四絲馬鰻, *Eleutheronema tetradactylum*) 為國內重要養殖魚種, 近年已逐漸取代部分石斑魚養殖產業, 成為南部沿海主要經濟魚種之一。然而, 國內午仔魚繁殖體系長期仰賴場內留種與自繁操作, 缺乏外源種原補充, 午仔魚養成業者也有反應午仔魚有提早成熟及小型化問題, 但由於午仔魚上市體型 (300 – 400 g) 較小緣故, 尚未影響養成的效益, 但仍是潛在的危機, 所以收集午仔魚種原進行種原擴增, 提升國內午仔魚基因多樣性, 後續再針對經濟性狀 (成長快速、耐逆境等) 進行選育, 提供產業優質品系午仔魚種苗, 可有助於國內午仔魚養殖產業永續經營。

本研究於臺灣西部沿岸完成多次野外午仔魚調查與樣本採集, 經由 COI 粒線體基因序列分析確認所有野生樣本皆為多鱗四絲馬鰻 (*E. rhadinum*), 並建立穩定可靠之物種鑑定流程 (圖 1); 調查結果顯示, 野生午仔魚於臺灣沿岸期間其生殖腺皆未發育, 主要以覓食行為為主。研究亦首度成功完成野生午仔魚自彰濱地區至東港中心之長程活體運輸, 存活率達 100%, 後續蓄養 8 個月仍有個體活存, 證實野生午仔魚種原保存具實際可行性 (圖 2)。在種原養殖方面, 培育中心持續既有不同世代之午仔魚種魚保存, 並向民間取得國外引進之養殖子代魚苗以擴充種原來源; 同時, 養殖種魚已可自然產卵, 並完成初步精液凍結保存, 雖精液量仍偏低、人工授精尚具技術門檻, 惟已為後續人工繁殖與育種研究奠定重要基礎。

綜合本研究成果, 已初步建立野生與養殖午仔魚多源種原蒐集、鑑定與保存之可行模式, 並突破野生午仔魚活體保存之技術限制, 為後續繁養殖與育種研究提供關鍵基礎。然而, 人工催熟與人工

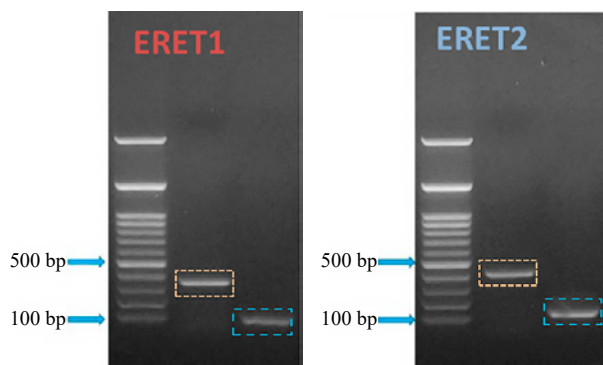


圖 1 四絲馬鰻粒線體基因 (COI) 序列分析兩組引子分辨技術建立 (粉色虛線為多鱗四絲馬鰻、藍色虛線為四絲馬鰻)



圖 2 活體野生午仔魚運載回本中心培育成長速度驚人

授精技術仍有待進一步精進。未來將持續擴大野生種原收集規模, 強化人工催熟與繁殖操作模式, 逐步推動不同種原間之選育與性狀評估, 以建立穩定且具產業應用潛力之午仔魚優良品系, 支撐國內午仔魚養殖產業之長期永續發展。

不同白蝦種原之收集培育與表形體資料的建立

吳豐成¹、郭秋慧¹、蘇義哲¹、邱俊豪²、利淑如¹、鄭博仁¹、翁識博¹

¹東港養殖研究中心、²東部漁業生物研究中心

本研究針對不同白蝦品系，包括 DG1 (SIS-佛羅里達)、DG2 (KonaBay-夏威夷)、DG3 (Viet-UC-越南) 及 DG8、DG9 (KonaBay)，建立完整表型體資料庫，涵蓋體長、體重、增重率、飼料轉換率 (FCR)、活存率與特定生長率 (SGR) 等重要經濟性狀。室內選育試驗結果顯示，DG3 具最高終重 (28.36 ± 1.97 g)，DG2 之 SGR 最高 (1.62)，DG9 之 FCR 最佳 (2.18)，而 DG8 與 DG9 之活存率分別達 97.0% 與 97.3%，顯示各品系在生長效率與飼料利用能力上具有明顯差異 (圖 1)。逆境耐受性試驗進一步指出，DG3 於 5 psu 低鹽條件下活存率 57.78%，明顯高於 DG2 與 DG1；在低溫試驗中，DG3 於 15°C 與 20°C 下仍可維持 99.0% 與 97.8% 之高活存率，顯示其兼具耐鹽與耐冷優勢。為驗證實際養殖表現，本研究於東部地區設置四個池塘組別 (T1、T2、F1、F2) 進行 4 個月池塘模擬養殖試驗，結果顯示 F1 與 F2 之 FCR 分別為 1.20 與 1.34，優於 T1 與 T2，顯示部分品系於實場環境下仍具較佳飼料利用效率。分子分析

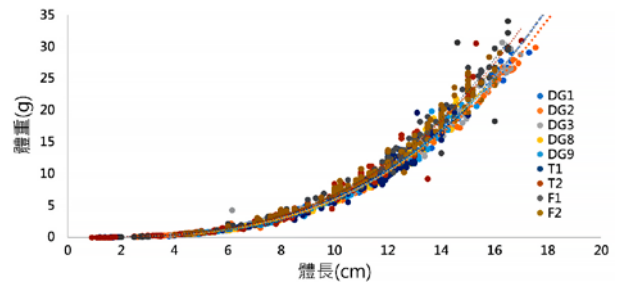


圖 1 不同白蝦品系體長與體重

方面，針對 DG1 至 DG3 進行 dRAD-seq 定序，共取得 5,270 個基因座與 63,034 個 SNP 位點，經 GWAS 與混合線性模型分析後，篩得 21 個與低溫耐受性顯著相關之候選 SNP，可作為後續分子標記輔助選種依據。代謝體分析則顯示，耐寒個體肝胰臟中脯胺酸、牛磺酸、丙胺酸及不飽和脂肪酸顯著上升 (圖 2)，並富集於蛋白質消化吸收、胺基酸合成及能量代謝等路徑。綜合表型體、基因體與代謝體資料，本研究已建立白蝦耐低溫性狀之跨體學選拔基礎，對未來耐寒品系育種與精準選種具有重要應用價值。

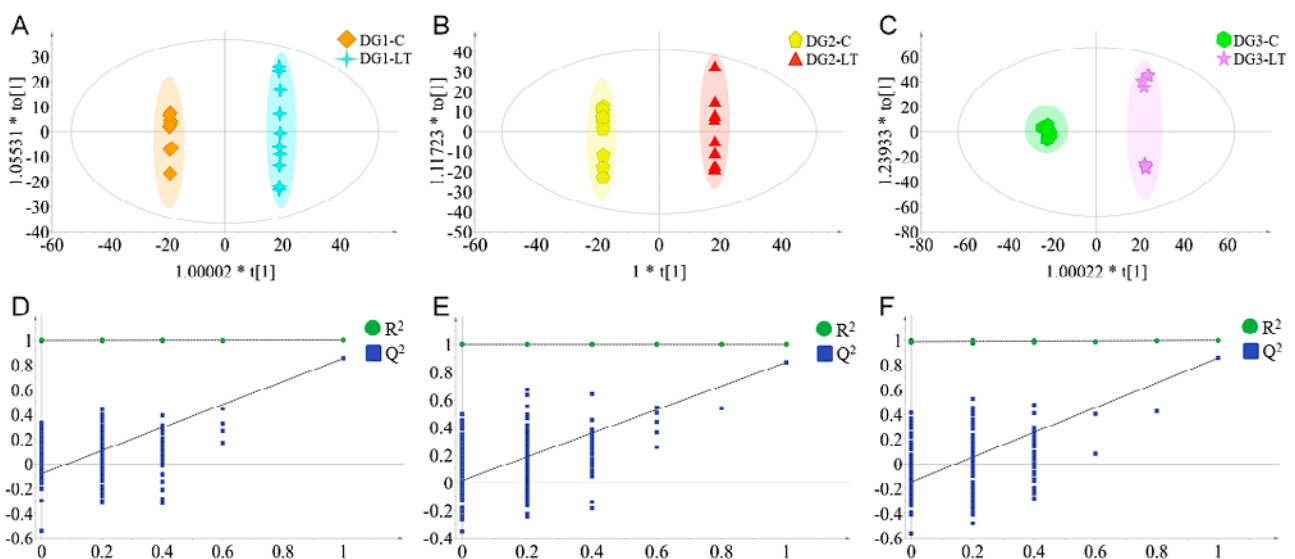


圖 2 不同白蝦品系代謝體之 PLS-DA 分析結果 (A、B、C 分別為 DG1、DG2、DG3 代謝分群圖；D、E、F 分別為 DG1、DG2、DG3 模型驗證圖)

七、水產益健飼料及餌飼料開發與疫病監測

強化九孔成長與健康之益健飼料研發

黃美瑩、朱惠真、陳凱琳
水產養殖組

壹、重要研究成果

本研究探討飼料中添加益生菌 *Bacillus pumilus* D5、*B. subtilis* N4、*B. pumilus* D5 + *B. subtilis* N4 或 *Leuconostoc mesenteroides* B4 + 葡聚糖對於九孔 (*Haliotis diversicolor*) 成長、免疫及抗病之影響。九孔分別餵飼：(1) 對照組、(2) 添加 *B. pumilus* D5 (10^7 CFU/g) (D5)、(3) 添加 *B. subtilis* N4 (10^7 CFU/g) (N4)、(4) 添加 *B. pumilus* D5 (10^7 CFU/g) + *B. subtilis* N4 (10^7 CFU/g) (D5 + N4) 或 (5) 添加 *L. mesenteroides* B4 (10^7 CFU/g) + 葡聚糖 (0.05%) (B4) 組飼料 16 週。結果顯示，九孔餵飼 D5 + N4 組飼

料，在第 6 週及第 12 起到第 16 週，九孔之平均殼長高於對照組 ($p < 0.05$) (圖 1)。九孔餵飼各組飼料 16 週，以腸炎弧菌 (*Vibrio parahaemolyticus*) 攻擊後，餵飼各試驗組飼料的九孔活存率均顯著高於對照組 ($p < 0.05$)。本研究顯示，飼料中添加 D5 + N4、D5 或 B4 均有助於增加九孔之成長，其中又以 D5 + N4 的效果最佳，而所有試驗組 D5、N4、D5 + N4 或 B4 均有助於提升九孔抵抗弧菌之感染的效果 (表 1)。

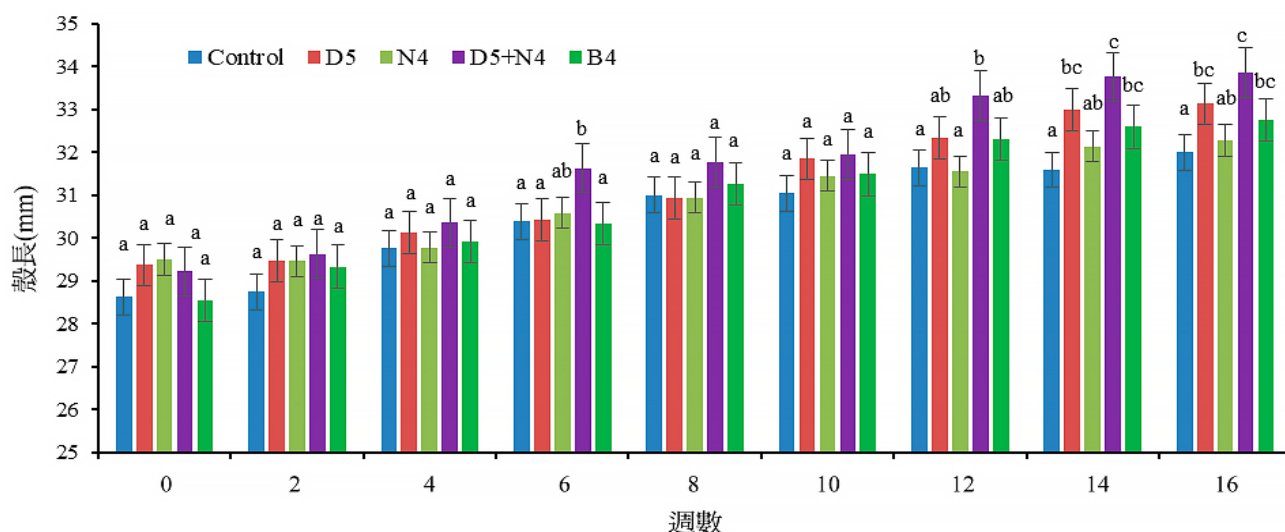


圖 1 九孔 (*Haliotis diversicolor*) 餵飼對照組、飼料中添加 *Bacillus pumilus* D5 (10^7 CFU/g) (D5)、*B. subtilis* N4 (10^7 CFU/g) (N4)、*B. pumilus* D5 (10^7 CFU/g) + *B. subtilis* N4 (10^7 CFU/g) (D5 + N4) 或 *Leuconostoc mesenteroides* B4 (10^7 CFU/g) + 葡聚糖 (0.05%) (B4) 組飼料 16 週之平均殼長變化情形 (不同英文標記顯著性差異, $p < 0.05$)

表 1 九孔 (*Haliotis diversicolor*) 餵飼對照組、飼料中添加 *Bacillus pumilus* D5 (10^7 CFU/g) (D5)、*B. subtilis* N4 (10^7 CFU/g) (N4)、*B. pumilus* D5 (10^7 CFU/g) + *B. subtilis* N4 (10^7 CFU/g) (D5 + N4) 或 *Leuconostoc mesenteroides* B4 (10^7 CFU/g) + 葡聚糖 (0.05%) (B4) 組飼料 16 週之成長表現、飼料效益及活存率

	起始重量(g)	最終重量(g)	增重率(%)	飼料效益	活存率(%)
對照組	2.91 ± 0.20 ^a	3.64 ± 0.11 ^a	25.22 ± 5.6 ^a	0.23 ± 0.05 ^a	95.00 ± 4.33 ^a
D5	3.12 ± 0.12 ^a	3.94 ± 0.09 ^b	26.57 ± 7.2 ^a	0.24 ± 0.06 ^a	87.50 ± 6.61 ^a
N4	3.03 ± 0.24 ^a	4.00 ± 0.18 ^b	32.76 ± 16.0 ^a	0.29 ± 0.14 ^a	85.83 ± 6.29 ^a
D5 + N4	2.96 ± 0.14 ^a	4.18 ± 0.18 ^b	41.25 ± 9.6 ^b	0.37 ± 0.09 ^b	87.50 ± 6.61 ^a
B4	2.98 ± 0.11 ^a	3.82 ± 0.14 ^{ab}	28.38 ± 0.5 ^a	0.25 ± 0.00 ^a	90.83 ± 7.22 ^a

不同英文標記顯著性差異 ($p < 0.05$)

臺灣養殖牡蠣重要疫病之監測(II)

黃淑敏、洪煜翔、黃美瑩
水產養殖組

牡蠣為臺灣重要的經濟性貝類，配合農業政策提升國產牡蠣之產業競爭力，並回應牡蠣生產業者提出之訴求，本計畫協助釐清與分析造成近年來牡蠣產量降低的原因。計畫長期目標是建立國內牡蠣生產環境背景之疫病監測資訊，以利強化本地牡蠣養殖產業的競爭力。

本計畫以即時監測服務例行至國內重要牡蠣養殖產區，包含臺南市南區、安平區、安南區、嘉義縣布袋近海、東石外傘頂洲、雲林縣金湖等地區，監測本島主要牡蠣養殖區之成長狀況、肥滿度、活存率及水體環境水質條件等基礎數據，同時分析國際間重要牡蠣疫病之盛行率，預期建立疫病流行之預警機制，適時達到減損或生產方法調適管理，協助養殖戶增加收益。

本計畫於 2025 年 12 月前總計即時監測 69 場次，其中臺南地區共計 39 場，嘉義 16 場次、雲林 12 場次及澎湖 2 場次，其中類馬爾太蟲核酸陽性檢出 23.18%、牡蠣疱疹病毒核酸陽性檢出 13.04%、奧爾森派金蟲核酸 Perkinsosis (*P. olsenii*) 為 1.4%；其餘病原核酸 Perkinsosis (*P. marinus*)、Marteiliosis (*M. refringens*)、Bonamiosis (*B. exitiosa*)、Bonamiosis (*B. ostreae*) 則未檢出 (表 1)。

2025 年國產牡蠣之監測結果在中蚵與成蚵主要受感染之病原仍以類馬爾太蟲病為主；而牡蠣疱疹病毒仍只侷限於臺南地區之 1 – 2 月低水溫期苗期階段。2025 年臺灣西部沿海養殖牡蠣之類馬爾太蟲核酸陽性檢出率為 23.18%，較去年陽性檢出率 51.61% 明顯減少 28.43%。

2025 年 12 月為次年牡蠣幼苗新育孵苗季度開始監測共 13 場次 (圖 1)，其中臺南市包含南區、安平區、安南區等 3 區天然苗、進口苗及本所試驗人工苗共 9 場次及於嘉義縣東石外傘頂洲與雲林縣金湖等地區共計採樣 4 場次，其中天然苗 (自行附苗) 2 場與進口苗 1 場、本所人工苗試驗苗 1 場，其中 8 種重要病原核酸檢測皆未檢出。



圖 1 自田間採集新苗樣本

表 1 2025 年國產牡蠣重要病原核酸監測結果

地 區	場次	MC		OsHV-1		Perkinsosis		Bonamiosis		Marteiliosis
		陽性數	(%)*	陽性數	(%)*	<i>P. olsenii</i>	<i>P. marinus</i>	<i>B. exitiosa</i>	<i>B. ostreae</i>	<i>M. refringens</i>
臺南市南區	13	2	2.90	4	5.80	0	0	0	0	0
臺南市安平	13	1	1.45	3	4.35	0	0	0	0	0
臺南市安南	11	2	2.90	2	2.90	0	0	0	0	0
臺南市其他	2	2	2.90	0	0.00	1	0	0	0	0
嘉義縣布袋	2	1	1.45	0	0.00	0	0	0	0	0
嘉義縣東石	14	4	5.80	0	0.00	0	0	0	0	0
雲林縣金湖	12	3	4.35	0	0.00	0	0	0	0	0
澎 湖	2	1	1.45	0	0.00	0	0	0	0	0
總 計	69	16		9		1	0	0	0	0

* PCR 檢測方法

極端氣候下水質益生菌應用於水產養殖之調適探討

劉珮玟、陳建彰、邱詠傑、楊順德
淡水養殖研究中心

水產養殖業已逐漸普遍利用益生菌改善水質及抑制病原菌，惟氣候變遷導致極端高低溫事件頻率與持續時間增加，進而影響養殖池水中微生物相。現行市售水產益生菌雖已完成基本功能性試驗，仍缺乏於不同溫度條件下的水質改善與病原菌抑制效果之評估。常用益生菌以芽孢桿菌群與光合細菌群為主，惟產品差異大，且水溫變動及消毒藥劑或抗生素使用，易影響其活性與菌量；同時，現場缺乏可即時檢測水體中益生菌濃度之工具，使施用缺乏客觀依據。因此，本研究以芽孢桿菌群為對象，評估其於不同溫度下之水質改善與病原菌抑制效果，並開發快速檢測套組，作為養殖現場調整益生菌施用時機與劑量之依據。

本研究益生菌主要選用短小芽孢桿菌 (*Bacillus pumilus* D5) 與液化澱粉芽孢桿菌 (*B. amyloliquefaciens*)，病原菌為產氣單胞菌 (*Aeromonas hydrophila*)，在 17、22、27、32℃ 和極端溫度 (12、37℃) 下培養，*A. hydrophila* 最適生長溫度為 22 – 27℃，12℃ 仍可生長；芽孢桿菌最適溫度為 27 – 32℃，17℃ 條件下生長速度低於 *A. hydrophila*，需等到 72 小時後，菌數才明顯增加，12℃ 則幾乎停止生長。

在益生菌與病原菌的抑制試驗發現，起始菌量皆為 10^3 CFU/ml 條件下，在 24 小時內，17 和 22℃ 下二株芽孢桿菌的抑制率皆達 70% 以上，隨著混合培養時間拉長，抑制率反而開始下降；在 27、32℃ 下，抑制率隨著時間拉長而上升；高溫 37℃ 下抑制率則維持 83.46% 以上；低溫 12℃ 下抑制率則在 72 小時後才上升至 58.5%。而以益生菌與病原菌起始菌量分別為 10^4 和 10^2 CFU/ml 培養 72 小時，27℃ 條件下，抑制率可改善至少 86.54%；而在 32℃ 下抑制率最高可改善 141.21%。

二株芽孢桿菌的除氨能力 (%) 隨著溫度增加而

上升，並以 27℃ 時的除氨能力最佳，*B. pumilus* D5 和 *B. amyloliquefaciens* 分別為 67.15 及 64.77%，隨著溫度繼續上升而下降，在低溫 12℃ 時，分別為 17.54 及 -8.53%，高溫 37℃ 時分別為 48.33 及 7.61% (圖 1)。

本研究成功研發可快速選別水產常用芽孢桿菌之專一性檢測套組，能準確辨識 *B. pumilus* D5、*B. amyloliquefaciens*、貝萊斯芽孢桿菌 *B. velezensis* 與池水分離的 *Bacillus* sp. 等 4 株菌，同時有效抑制 15 種養殖池常在菌生長。在菌量範圍內準確檢測三株芽孢桿菌 (*B. pumilus* D5、*B. velezensis*、*B. amyloliquefaciens*) 的活性，並以呈色時間作為的菌量指標，結果顯示，在低菌量條件下 (10^1 CFU/ml)，以上 3 株菌仍能於 30 – 35 小時內，產生可辨識的呈色反應 (圖 2)，顯示本試劑的最低檢測濃度達 10^1 CFU/ml。本試劑具備操作簡易、無需儀器、靈敏度高與可視化判定等特性，具有應用於養殖現場檢測益生菌芽孢桿菌的潛力。

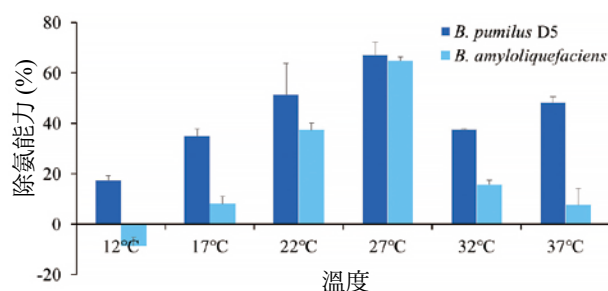


圖 1 不同溫度下芽孢桿菌的除氨能力



圖 2 芽孢桿菌快速檢測套組的呈色反應

昆蟲蛋白作為水產飼料源之研究(II)

李曜辰¹、康世霖¹、李明燦¹、郭裔培²、楊順德¹

¹淡水養殖研究中心、²國立臺灣海洋大學

資源循環及永續利用逐漸成為水產養殖未來重要發展方向，昆蟲蛋白被視為具潛力之魚粉替代原料。然而，受其營養成分影響，在未經額外處理下，蟲粉替代魚粉的比例受到限制。本計畫針對黑水虻蟲粉之營養調控與實際應用成效進行評估，作為後續永續飼料配方開發之基礎。本年度聚焦於利用魚類加工剩餘物提升黑水虻幼蟲營養品質，並驗證其作為金目鱸 (*Lates calcarifer*) 飼料魚粉替代原料之應用潛力。

以未營養強化黑水虻 (以下簡稱 NHM) 幼蟲與添加魚類加工副產物進行營養強化之黑水虻 (以下簡稱 EHM) 幼蟲製成全脂蟲粉後，分析兩者營養組成差異，並進一步進行魚粉取代飼養試驗。結果顯示，經魚類加工剩餘物營養強化後之黑水虻幼蟲，其脂肪酸組成出現明顯改變。EHM 組之 n-3 多元不飽和脂肪酸含量顯著提升，EPA 與 DHA 含量亦有所提升，顯示營養強化處理可有效改善黑水虻粉脂質營養價值。相較之下，兩

組黑水虻粉於粗蛋白含量及胺基酸組成上無明顯差異。

於 8 週金目鱸之飼料魚粉取代試驗中，當 NHM 取代比例達 30% 時，金目鱸成長表現顯著下降 (表 1)，並伴隨肝臟成長相關基因表現降低、脂質合成相關基因補償性上調，以及腸道組織結構與免疫指標受損等現象。相較 EHM 在 30% 取代比例下，金目鱸之成長表現、生化指標、肝臟脂質代謝基因表現及腸道組織型態均與對照組 (FM) 相近，顯示營養強化處理可有效降低高比例昆蟲蛋白取代魚粉所造成之營養壓力。

整體而言，本研究結果顯示，透過魚類加工剩餘物的營養強化，可提升黑水虻粉中 n-3 多元不飽和脂肪酸含量，改善其營養利用性，並使其於較高比例取代魚粉的飼養下仍能維持金目鱸正常成長與腸道健康。本計畫將持續累積不同處理之蟲粉取代魚粉的試驗資料，作為永續飼料原料開發與應用評估之基礎。

表 1 不同蟲粉取代比例對金目鱸生長表現之影響

	FM	NHM15	NHM30	EHM15	EHM30
初重(g)	11.27±0.20	11.46±0.74	11.06±0.24	11.09±0.10	11.08±0.87
末重(g)	109.33±9.90 ^a	103.53±3.80 ^a	79.18±0.62 ^b	114.27±5.87 ^a	108.44±3.37 ^a
增重率(%)	870.40±85.00 ^a	804.76±46.86 ^a	615.80±11.19 ^b	930.20±43.43 ^a	881.50±54.26 ^a
相對生長率(%/day)	3.24±0.12 ^a	3.15±0.08 ^a	2.81±0.02 ^b	3.33±0.06 ^a	3.26±0.08 ^a
進食量(g/fish/day)	2.51±0.02 ^a	2.19±0.03 ^c	2.00±0.03 ^d	2.47±0.03 ^a	2.36±0.03 ^b
飼料轉換率	1.44±0.13 ^b	1.33±0.05 ^b	1.64±0.03 ^a	1.34±0.06 ^b	1.36±0.02 ^b
蛋白質效率	1.54±0.15 ^{ab}	1.64±0.06 ^a	1.32±0.02 ^b	1.64±0.07 ^a	1.58±0.03 ^a
活存率(%)	100	100	100	100	100

a、b、c、d 英文字母代表顯著差異

利用植化素開發蝦類機能性飼料

郭科良、劉于溶、何翰儒、江和諭、黃莞苓、朱永桐
海水養殖研究中心

近年來水產養殖業為成本考量，多以高密度養殖方式為主，這種養殖方式往往容易造成水質不良而感染各類病原，進而導致爆發疫病。此外再加上極端氣候越發頻繁，加劇養殖物種的緊迫壓力，無形間升高養殖業的生產風險，為此許多專家與學者朝向開發可促調節免疫力之有效活性物質，來緩解養殖產業的風險。農業副產物內含豐富活性成分，具有開發利用的價值，不僅可減少對環境構成負擔，同時也具有潛力用以開發做為飼料添加物。木瓜在全世界都是十分受歡迎的水果，在我國年產量平均為 15 萬公噸，以木瓜籽含量佔整體 10 – 15%，即每年估計約有 1.5 – 2 萬公噸的木瓜籽被丟棄；柑橘類水果也是臺灣重要的農產品，每年約生產 50 萬噸，部分柑橘果汁進行加工的過程產生大量的果皮殘渣。木瓜籽含多種植化素有效活性成分，如加以開發利用做為水產飼料添加物，則可望降低養殖風險，而柑橘皮中也含有多種的有效性物質，其中亦包含類胡蘿蔔素。養殖白蝦若缺乏適當或足夠的類胡蘿蔔素來源體色會影響色澤與市場價值，目前增色主要仰賴蝦紅素或藻粉等類胡蘿蔔素添加劑，但這些添加劑的成本高昂，有需求再開發更天然與經濟的選擇。

為此本計畫將藉由添加植化素至水產飼料中，除期望能提升水產養殖生物的免疫調節外，也希望以柑橘中的天然色素成分，對白蝦成長、體色、體組成和肉質的影響，進行成本效益分析，以評估飼料配方的經濟可行性，藉以優化養殖水產品的品質，達到環境永續與養殖經濟雙助互贏的發展願景。首先以不同溶劑、溫度與時間，比較農業副產物中活性成分之萃取效率，再分析總類胡蘿蔔素、總酚與總糖含量，以選擇最佳萃取條件。結果顯示，95% 乙醇對脂溶性類胡蘿蔔

素具有較佳的萃取效率 (圖 1)，而木瓜籽以熱水萃取方式可得較多的酚類物質 (圖 2)。將萃取物進一步使用白蝦血淋巴細胞，進行體外試驗評估其安全性及免疫調節能力，由細胞活存率 (MTT assay) 試驗結果顯示，萃取物對於白蝦血淋巴細胞具良好的細胞相容性，而由超氧陰離子 (O_2^-) 活性及酚氧化酶 (PO) 活性等免疫活性指標結果顯示，萃取物具有免疫活化效果。綜合原料活性成分分析與體外免疫試驗，本研究顯示農業副產物萃取成分，具備作為白蝦功能性飼料添加劑的應用潛力，可提供天然色素來源，木瓜籽展現出免疫調節效果；後續將進行實際養殖試驗，以驗證此添加物應用於水產養殖業之可行性，並為農業副產物再利用提供驗證與參考。

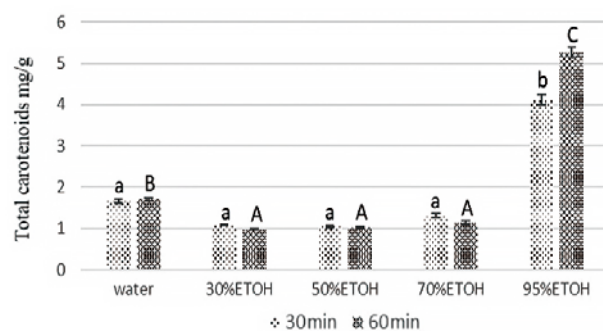


圖 1 乙醇濃度與萃取時間對柑橘皮類胡蘿蔔素含量影響

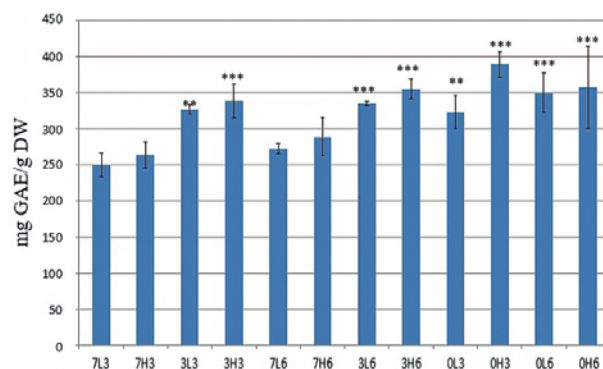


圖 2 探討不同萃取條件木瓜籽中總酚含量之影響 (萃取條件代號: 溶劑 (70%、30%、純水); 溫度: 室溫 L、煮沸 H; 時間: 30 min 及 60 min) (* 具顯著差異, ** : $p < 0.01$ 、*** : $p < 0.001$)

高植物蛋白比之午仔魚配方飼料開發

吳豐成、周子逸、周芷儀
東港養殖研究中心

午仔魚是臺灣重要的高經濟性養殖魚類之一，午仔魚為肉食性魚類，蛋白質需求高於 45% 以上，因此其人工配合飼料之製作高度依賴魚粉，一般魚粉使用量佔飼料 50% 以上。在海洋資源日漸缺乏，魚粉價格逐年攀升的現況下，如何降低飼料成本，積極尋求更經濟的替代蛋白源取代魚粉為當今重要課題。因此，本計畫擬建立午仔魚低魚粉配方飼料，探討以不同植物原料取代飼料中魚粉含量對午仔魚的影響，了解午仔魚對植物性原料之利用效能，建立午仔魚對植物性原料消化率及植物性原料對魚粉取代比例之基礎資料，減少飼料中魚粉使用量。

試驗主要分為兩個部分，第一部分配製高植物蛋白含量的試驗飼料，進行午仔魚飼育試驗，以建立午仔魚對不同植物蛋白來源的消化率及利用能力之基本資料。第二部分應用完成飼育實驗之午仔魚進行官能品評試驗，用以了解攝食不同植物蛋白來源飼料對午仔魚肉品質及風味等影響，衡量添加不同植物蛋白節省飼料中魚粉佔比的可行性。

飼育試驗部分，以魚粉為蛋白源配製試驗基礎飼料，飼料中添加 0.5% 三氧化二銻當指示劑，接續以大豆蛋白、小麥蛋白及全脂大豆粉等替代植

物性原料分別取代 30% 基礎飼料以配製試驗飼料。試驗結果顯示，以不同植物蛋白取代午仔魚飼料中魚粉含量可以提升午仔魚的增重 9 – 20% (表 1)。飼料表觀消化率 (表 2) 可減低飼料成本，但添加之植物原料亦會降低午仔魚的活存率 7 – 14%。故知適當添加植物原料取代魚粉蛋白質可增加魚體成長表現，且降低飼料成本。由表現最佳的小麥蛋白試驗組做計算，相較投餵基礎飼料可生產 1 kg 魚肉的飼料量，若以小麥蛋白飼料投餵午仔魚，同樣的飼料量可生產 1.917 kg 的魚肉，其提升約 91.7% 之養殖效益。

官能品評試驗以盲測方式進行，將不同植物蛋白來源飼料養成的午仔魚製作「清蒸魚」樣品進行感官品評，評估項目包含外觀、香味、口感、風味及整體滿意度，於品評時發放問卷，問卷回收後將統整資料並評分數進行描述性統計分析及皮爾森積差相關分析。

感官試驗結果顯示，替換飼料中主要原料確實會對魚產品風味、口感及整體滿意度各方面產生影響，但不會顯著降低民眾對午仔魚的接受度。因此，適當更動飼料中原料以植物性原料替代魚粉含量，有利於提升養殖效益。

表 1 飼餵不同試驗飼料 8 週後午仔魚的初始體重、增重百分比、飼料轉換率和活存率

	基礎飼料	大豆蛋白飼料	小麥蛋白飼料	大豆粉飼料
初重(g)	36.82±1.72	36.66±1.12	36.67±1.34	36.73±0.78
增重百分比(%)	98.43±6.63 ^a	115.94±24.71 ^a	118.81±16.55 ^a	107.53±14.86 ^a
飼料轉換率	3.22±0.35 ^b	1.81±0.42 ^a	1.68±0.30 ^a	1.82±0.27 ^a
活存率(%)	90.00±10.00 ^a	76.67±5.77 ^a	83.33±5.77 ^a	76.67±5.77 ^a

表 2 飼料消化率分析的飼料表觀乾物質消化率、飼料表觀蛋白質消化率和飼料表觀脂質消化率

	基礎飼料	大豆蛋白飼料	小麥蛋白飼料	大豆粉飼料
飼料表觀乾物質消化率	46.56±0.59 ^b	47.32±2.12 ^b	58.78±3.73 ^a	63.66±1.6 ^a
飼料表觀蛋白質消化率	79.53±0.23 ^c	87.91±0.49 ^b	90.91±0.82 ^a	92.05±0.37 ^a
飼料表觀脂質消化率	83.05±0.19 ^c	94.48±0.22 ^a	91.40±0.78 ^b	93.71±0.29 ^a

不同光波長對白棘三列海膽生理及菌相之影響

謝易叡¹、王永松²、謝恆毅¹、黃君毅³

¹澎湖漁業生物研究中心、²國立臺灣大學、³東部漁業生物研究中心

海膽禿頭病一般被認為細菌性感染所引發掉刺等病徵，本研究旨在了解光照條件對海膽體內外菌相組成之影響，分析最適光環境條件下的菌群組成，探討是否存在有利於海膽生長或提升免疫力的優勢菌群，進一步結合光環境與微生物管理策略，提升整體養殖系統之生物安全性與生產穩定性。

本計畫在不同光譜：全光譜 / 室內自然光 (W)、紅光 (R；波長 650 nm)、綠光 (G；波長 520 nm) 及藍光 (B；波長 457 nm) 照明下養殖白棘三列海膽 (*Tripneustes gratilla*)，分析成長表現及針對海膽飼養環境、體表及腸道微生物菌相進行系統性分析。

為期 12 週的試驗結果顯示，海膽的生理表現受光照條件顯著影響。紅光處理組的海膽末重與生殖腺指數 (GSI, $7.77 \pm 1.33\%$) 均為最高，且在雌性海膽中，GSI 亦顯著高於其他處理組。組織切片 (圖 1) 結果顯示，紅光和綠光處理組可延緩性腺發育進程，使其維持於早期發育階段，進而延長影響商品風味與經濟價值之營養吞噬細胞 (NPs) 的存在時間。此外，紅光處理組卵巢組織的黃藍軸 (b 值) 較高，顯示其可能具有將色澤調整至市場偏好橘黃色的潛力。相較之下，藍光處理組的海膽在生長表現 (末重最低) 與 GSI 方面均為最差，推測可能與短波長光源所引發的強烈負趨光性及趨避行為有關。

在微生物群落分析方面，不同 LED 光照處理重塑了菌群結構，腸道樣本主要由功能性厭氧菌 (如 *Dysgonomonas*、*Fusibacter*) 組成，體表樣本則以海洋適應性菌 (如 *Rhodopseudomonas*) 為主；紅光組促進 *Rhodopseudomonas* 成為優勢菌屬。Alpha 多樣性分析 (Observed Features、Shannon、Chao1、Simpson) 結果顯示，自然光 (W) 處理組

在四項指標上表現最突出，最有利於維持微生物群落的豐富度與穩定性，然而同時可能增加潛在稀有菌；相對地，藍光處理組的多樣性提升效果最弱，顯示短波長光線對微生物群落有抑制或降低豐富度的趨勢 (圖 2)。Beta 多樣性分析亦指出，自然光組群落分布最集中且結構穩定，而藍光組分布最分散，群落變異性高。

本研究成果可做為 LED 補充照明對海膽室內養殖參考建議，對於未來推動各式設施化養殖具有極大應用潛力，亦可作為新興物種養殖模式建立的重要參考。

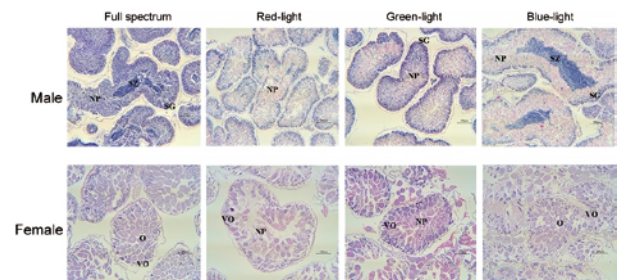


圖 1 海膽生殖腺組織切片

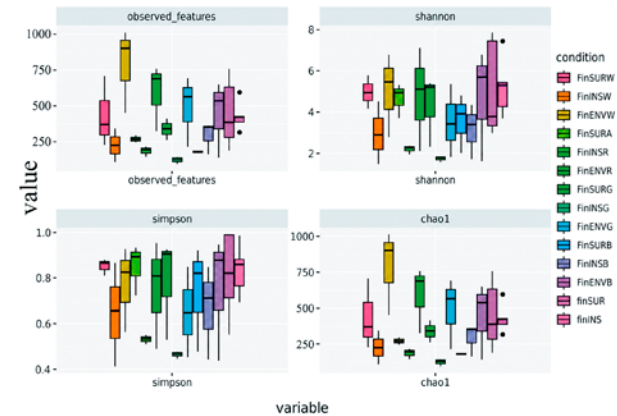


圖 2 海膽體表、腸道與環境 Alpha 多樣性，Ins/Fin：試驗前後；SUR、INS、ENV 對應體表、腸道及環境；W、R、G、B 對應不同光譜

八、水產品安全及加值技術開發

石花菜可食膜之開發

郭柏昇
水產加工組

根據食品工業發展研究所的「2022 食品產業年鑑」指出，全球塑膠包材用量食品產業佔四成，因此設計及製備低碳或可自然分解的包材來使用已是食品產業在減碳、環保行動的重點。此外，依據世界泡麵協會 (World Instant Noodles Association, WINA) 統計，泡麵在臺灣年消費量達 9 億包，食用量極大。因此開發可食用、易熱水溶解的調料包包材是本研究關注重點。

本研究以石花菜製作的洋菜粉 (agar) 製成具可溶性及可封口性的可食薄膜，替代泡麵粉包或油包之外包裝。研究結果發現當 agar 比例 $< 1.0\%$ 時，薄膜會有易破裂之問題；而當比例 $> 3.0\%$ 時則會有原料溶解不均之情況。

將製備好的薄膜 (圖 1) 利用色差儀進行測量，得知各數值 (L、a、b 值) 皆無差異，表示利用 agar 製成的薄膜其透明度及色度之差異，無法用肉眼明顯辨別出來。在薄膜物理性質部分，以 agar 為主原料所製備的薄膜其伸展率 (elongation) 皆小於 10% 。薄膜強度 (breaking stress) 為 $31 - 71 \text{ Mpa}$ ，兩項指標皆弱於一般塑料包材。

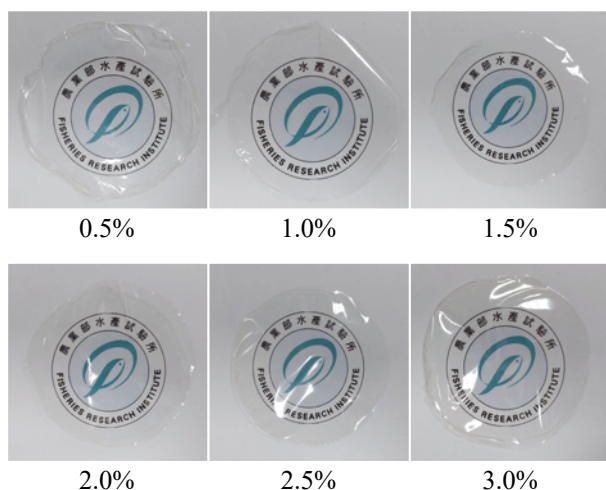


圖 1 不同 agar 比例所製備薄膜

因此為提升薄膜強度與延展性，選用市售常見食品添加物 (鹿角菜膠、糯米澱粉、小麥澱粉等) 進行薄膜改質。試驗結果顯示，在薄膜中添加適當比例的鹿角菜膠及甘油。可將提升薄膜伸展率至原本無添加組別 1.3 倍；薄膜強度可提升 1.4 倍，表示改質後的薄膜可提升其應用性與實用性。此外，與控制組 (未改質) 相比，將改質後不同配方製備而成的薄膜以熱水 (95°C) 沖泡，薄膜溶解度皆超過 50% (圖 2)，且薄膜外觀呈現破碎狀，表示薄膜具有良好遇熱水溶解破裂效果。

在封口性試驗中，我們發現單純 agar 所製備的薄膜 (控制組) 無法利用熱封方式達到封口效果。而當薄膜進行改質 (配方 1 - 3) 則具有良好封口性 (圖 3)。此特性可實質應用在泡麵料包的外包裝。

綜上試驗結果得知，以石花菜 agar 進行可食膜製備是可行的。利用不同配方進行薄膜改質後可提升其溶解度跟熱封性，未來具有潛力應用在泡麵調料的外包裝。

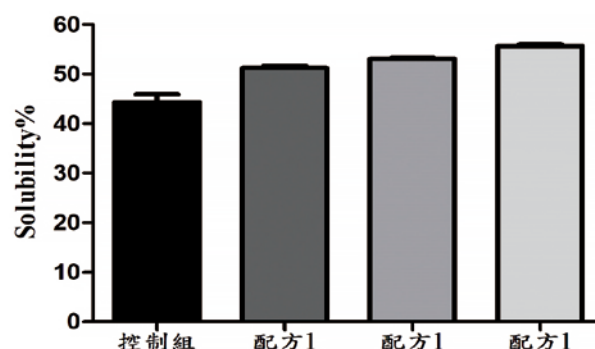


圖 2 不同配方製備薄膜溶解度

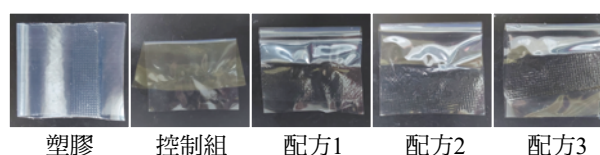


圖 3 不同配方製備薄膜溶封口

龍鬚菜開發助眠產品之研究

易琮凱、杜明杰、林鈺哲、蔡慧君
水產加工組

龍鬚菜 (*Gracilaria* spp.) 為臺灣重要的大型海藻，過去多用於九孔養殖與洋菜生產，其高含量的碳水化合物尚未被充分轉化為高附加價值的機能素材。本計畫以龍鬚菜開發助眠產品的機能素材，主要基於其天然多醣結構能有效調節生理機能，且具備極高的生物安全性，透過酵素與超音波協同水解技術，從龍鬚菜中穩定萃取產率高達 32.8% 的水溶性膳食纖維，並由圖譜波峰間距推測其主要成分為 β -D-Galp (1 $\rightarrow$ 3) 半乳聚糖 (圖 1)，不僅是優質的益生元，更是啟動「腸腦軸」調節睡眠機制的核心關鍵。

在生物活性驗證方面，透過類腸嗜鉻細胞 (QGP-1) 之試驗平台證實，龍鬚菜萃取物在 400 μ g/ml 下能顯著促進細胞增殖至 158.7%，並大幅提升血清素 (5-HT)，分泌量達 2277 ng/ml，較控制組增長 121%。此外，細胞內關鍵限速酶 TPH-1 與 γ -氨基丁酸 (GABA) 合成酶 GAD1 之表現量亦均同步上升，顯示該萃取物具備強化 5-HT 與 GABA 雙路徑之調節機制。

在動物實驗部分，選用 C57BL/6 小鼠進行為期 10 週的管餵試驗 (2.5 mg/kg/day)，結果顯示餵食龍鬚菜萃取物之小鼠，其睡眠總時長顯著提升，且翻身指數降至控制組之 0.6 倍 (圖 2)。代謝體分析發現，小鼠糞便中 GABA 與其下游代謝產物琥珀酸 (succinate) 濃度分別增加 1.55 倍與 1.84 倍 (圖 3)，透過 16S rRNA 菌相定序分析證實，龍鬚菜萃取物能調節腸腦軸平衡，使具備神經調節功能之普拉梭菌、青春雙歧桿菌、羅斯氏菌及乳酸桿菌之相對豐度顯著提升，這些益菌代謝產生之丁酸、吲哚丙酸與 GABA 可強化腸屏障並優化迷走神經傳導，本研究最後進行成本效益計算，龍鬚菜萃取物每克生產成本約 0.88 元，後續有望進一步降低，展現極佳的商品化潛力與產

業競爭力，為天然助眠膳食補充劑市場提供優質新原料。

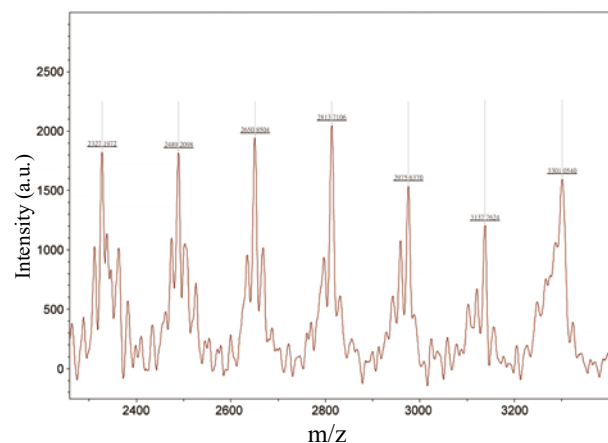


圖 1 MALDI-TOF/TOF 質譜分析龍鬚菜萃取物

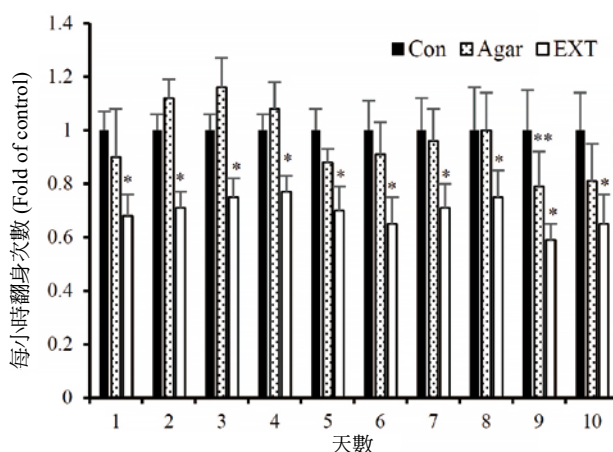


圖 2 管餵龍鬚菜萃取物對小鼠睡眠碎片指數 (sleep fragmentation index) 之改善效果

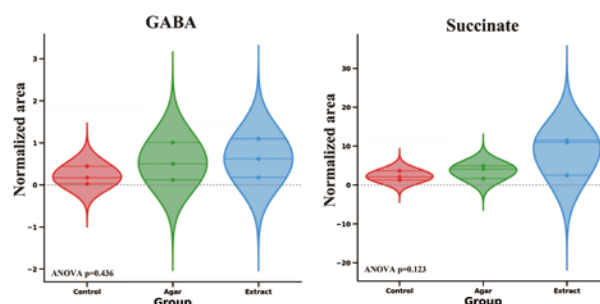


圖 3 龍鬚菜萃取物與洋菜粉管餵小鼠 10 週後 GABA 和 succinate 的豐度變化

建構UVA光損傷人類視網膜細胞平臺應用於篩選本土水產護眼素材

高翊峰、何晟瑩、蔡慧君
水產加工組

現代社會 3C 產品普及，長期用眼使光損傷及視網膜病變等眼疾風險增加。然而，目前國內護眼保健素材，如葉黃素、玉米黃質及魚油，原料多仰賴進口。臺灣四面環海，擁有豐富水產及藻類資源，因此本研究旨在建構並確效人類視網膜上皮細胞 (ARPE-19) 光損傷試驗平台，以篩選具護眼潛力之國產水產素材，降低對進口原料依賴。

本研究建立 ARPE-19 光損傷細胞試驗平台，先以不同劑量護眼素材預處理 48 小時，再以接近藍光波長之 UVA 照射 ARPE-19 細胞，誘導光損傷，再進行細胞活力分析，以評估各類護眼素材對 UVA 誘導 ARPE-19 細胞損傷之保護效果 (圖 1)。測試的護眼素材有 β -類胡蘿蔔素 (β -carotene)、葉黃素 (lutein) 及褐藻素 (fucoxanthin) 標準品，鯖魚內臟磷脂質 (phospholipids from mackerel viscera)、磷脂質包覆褐藻素、馬尾藻 (*Sargassum horneri*) 及裙帶菜 (*Undaria pinnatifida*) 乙醇萃取物。

結果顯示，UVA 對 ARPE-19 細胞之半致死劑量約為 88.7 J/cm^2 。預處理 $1 \mu\text{M}$ 褐藻素、 $1 \mu\text{M}$ 磷脂質包覆褐藻素或 0.5 mg/ml 鯖魚內臟磷脂質 48 小時，均可顯著提升 UVA 照射後 ARPE-19 細胞之活存率。UVA 照射顯著增加 ARPE-19 細胞內抗氧化物質穀胱甘肽 (glutathione) 之含量，而上述預處理可顯著降低 UVA 誘導之 GSH 累積。此外，照射 UVA 後顯著上調細胞凋亡相關基因 Bcl-2、Bax 及 Caspase-3 之 mRNA 表現；而有預處理 $1 \mu\text{M}$ 褐藻素或 0.5 mg/ml 鯖魚內臟磷脂質，則可顯著抑制 Bcl-2 與 Bax 之 mRNA 表現。在 Annexin V/Propidium Iodide (PI) 細胞染色試驗中，UVA 導致 ARPE-19 細胞壞死比例明顯增加，而預處理 $1 \mu\text{M}$ 褐藻素、 $1 \mu\text{M}$ 磷脂質包覆褐藻素或 0.5 mg/ml 鯖魚內臟磷脂質後，PI 陽性壞死細胞顯著減少。

綜上所述，本研究成功建立 UVA 誘導之 ARPE-19 光損傷細胞試驗平台，並於 β -類胡蘿蔔素、葉黃素及褐藻素標準品確效分析中顯示：預處理 $10 \mu\text{M}$ β -類胡蘿蔔素、 $10 \mu\text{M}$ 葉黃素、 $1 \mu\text{M}$ 褐藻素、 $1 \mu\text{M}$ 磷脂質包覆褐藻素及 0.5 mg/ml 鯖魚內臟磷脂質，對 UVA 誘導之 ARPE-19 細胞損傷具保護效果；然而，馬尾藻及裙帶菜乙醇萃取物對 UVA 損傷 ARPE-19 細胞未顯示保護功效。後續將持續擴大更多富含植化素之國產水產資材篩選，以發掘具潛力之護眼保健素。

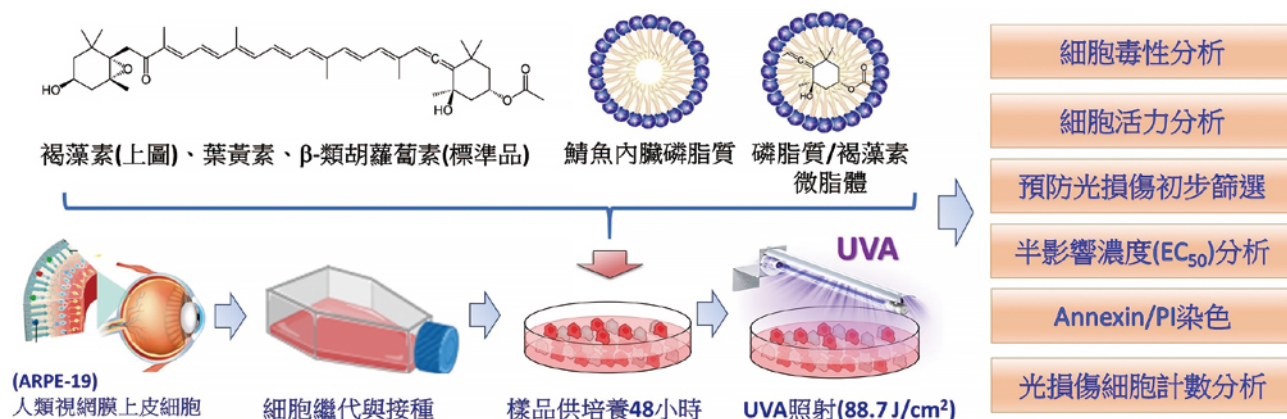


圖 1 建構 UVA 光損傷人類視網膜細胞平台應用於篩選本土水產護眼素材

石斑魚與裙帶菜水解物作為膳食補充品提升肌耐力之研究(II)

易琮凱、杜明杰、林鈺哲、蔡慧君
水產加工組

本研究旨在接續研究石斑魚加工副產物與裙帶菜高值化利用，先前研究已證實裙帶菜水解物 (UH) 及與石斑魚頭水解物結合的複方 (GU) 能有效緩解肌肉萎縮現象，現則進一步探討該複方對肌細胞粒線體功能的保護機制，並評估其於動物與高齡者體適能之應用潛力。試驗首先以人體骨骼肌細胞 (IHSMC) 為模型，在 6 小時厭氧環境下模擬運動疲勞，並在各項指標中皆以控制組為 100%，並以市售乳清蛋白產品 (whey) 作為對照，結果顯示 GU 複方能顯著提升細胞內麩胱甘肽過氧化物酶 (GPx) 活性至 108.5%，並增進粒線體複合體 I 活性至 107.1%；此外，該複方可維持肌細胞三磷酸腺苷 (ATP) 水準約 93 – 94%，並顯著降低由厭氧誘導的乳酸累積 (由 148.8% 降至 136%) (圖 1)，顯示能提升能量轉換效率並具備抗疲勞潛能。

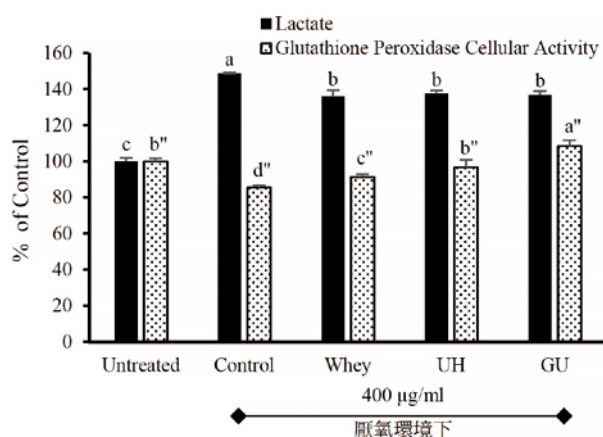


圖 1 模擬運動疲勞下骨骼肌細胞之麩胱甘肽過氧化物酶活性與乳酸變化

在動物確效試驗中，以不同劑量補充 GU 複方評估運動表現，結果顯示小鼠前肢抓力與力竭跑步時間提升達 1.62 倍 ($p < 0.01$)，證實能增強肌力與耐力；血液生化分析顯示運動後乳酸濃度由 5.4 ± 1.3 mmol/L 下降至 4.6 ± 0.5 mmol/L (圖 2)，

且肌肉肝醣含量提升 1.64 倍，有助於能量儲存與加速恢復，同時腸道菌相分析發現，具益生菌特性的 *Lactobacillus* 菌屬顯著增加，推測其可透過腸道微生物菌相調節促進能量代謝。

以 GU 複方導入高齡者人體介入試驗，進行 4 週飲食補充後，血液生化與肝腎功能指標均維持正常，安全性良好；在體適能測試中，特別是 30 秒起坐測驗與 3 m 起立步行測驗 (圖 3) 呈現顯著改善趨勢，顯示 GU 補充合併運動可增進高齡者下肢功能與動作靈敏度。綜合而言，本研究證實該複方能從分子層級維持粒線體功能完整，並實質提升運動表現與高齡者行動力，具備開發為高齡肌能維持配方之價值。

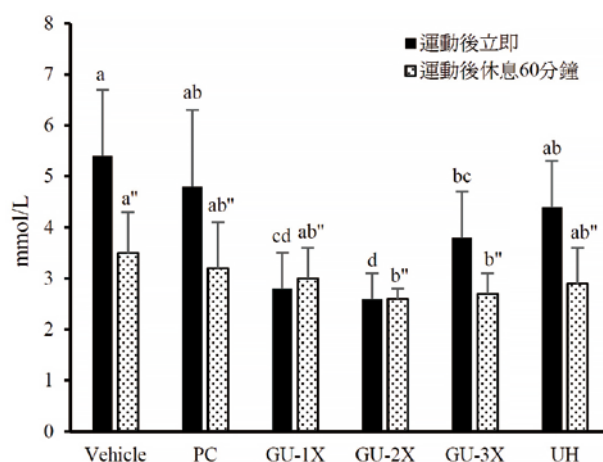


圖 2 石斑魚頭與裙帶菜水解物複方補充劑對單次 15 分鐘運動後和 60 分鐘休息後血乳酸濃度的影響

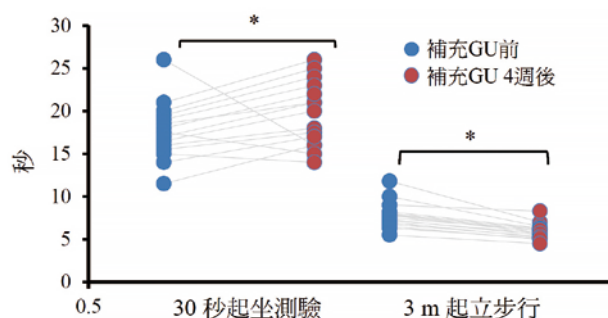


圖 3 高齡者 4 週飲食補充 GU 前後之體適能測試結果

北部地區國產水產品食農教材開發及推廣之研究(II)

張晏瑋¹、黃之暘²、周立進³、陳文君¹、蔡慧君¹

¹水產加工組、²國立臺灣海洋大學、³國家海洋研究院海洋生態及保育研究中心

本計畫以「國產農漁畜產品教材」為基礎，於 2025 年開發以「白蝦」為主題之食農教育教案，並彙整成「白蝦教案示例手冊」，提供教師及食農教育潛在推動者作為教學與推廣參考。透過模組化教案與圖像化呈現、搭配實作活動（如汆燙白蝦體驗），強化「從產地到餐桌」之在地漁業與永續消費概念連結，提升課程的可操作性與推廣。2026 年起將推動白蝦相關經驗導入共同培訓課程中，讓食農教育潛在推動者了解未來他們在社區或學校推動時所需要的知識及技巧。

2025 年食農教育專業人員共同培訓課程



食農相關政策暨白蝦教案推廣分享

黃之暘老師介紹秋刀魚相關知識



共同培訓課程成員

炭仔頂魚市場介紹

本所另辦理 3 場白蝦及藻類、魚類等相關水產品實作培訓課程，促進學員實作技能。包含 5 月 21 日於彰化區漁會辦理「水產永續與食魚教育推動」，以及 10 月 15、18 日於國立海洋科技博物館辦理「水產品食魚教育教學推廣－白蝦與大型藻類」，結合知識導入與實作體驗，協助學校與社區推動者提升水產品教育之教學能量。

2025 年食農教育專業人員相關培訓課程



彰化場食魚教育課程熱烈展開

學員實作瀾槽魚丸，將其轉化為美味料理



海洋科技博物館 - 白蝦推廣經驗分享

生態廚房 - 汆燙白蝦實作



周立進助理研究員介紹大型藻類

仿真鮭魚卵實作

課程推動後共回收 130 份問卷，整體回饋相當正面，多數受訪者肯定本計畫模組具「豐富教學內容」並「減輕備課負擔」（各有 67.7% 給予 5 分），顯示教材設計具實用性與操作性；同時能加深學習者對白蝦來源、產季、產地、營養價值與挑選方式等知識理解（74.6% 給予 5 分）。此外，亦認為課程不受產季及產地限制，具彈性且易於普及推廣（69.2% 給予 5 分）。未來將持續依據問卷回饋與教學實作經驗優化教材內容，並於明年擴大至其他水產品主題，以深化全民食魚教育之推動與永續發展。

飼糧添加海門冬對反芻動物甲烷排放及產品品質之影響

林幼君¹、許自研²、吳豐成²

¹國立宜蘭大學、²東港養殖研究中心

牛羊等反芻動物腸胃道因瘤胃微生物發酵作用產生甲烷排放，為我國農業溫室氣體主要來源之一。甲烷排放不僅造成能量損失，其造成全球暖化潛勢亦顯著高於二氧化碳。近年研究顯示，海門冬 (*Asparagopsis taxiformis*) 具抑制反芻動物甲烷生成之潛力，惟野生海門冬藻體具季節性、品質不一且供應有限，難以支應未來大規模推廣應用之需求，亦可能衝擊生態平衡。針對上述問題，本研究建立適合我國環境生產之人工養殖海門冬技術，優化培養條件以提升產量與品質穩定性，同時評估人工養殖海門冬對反芻動物甲烷排放及動物產品成分與風味之影響，以確認其安全性與實用性，作為未來產業推廣與淨零畜牧發展之前期依據。

本研究於東港養殖研究中心成功建置模組化海門冬人工養殖系統 (圖 1)，接著建立具擴充性與標準化發展潛力之海門冬戶外生產管理平台。在戶外生產試驗中，本研究評估了 3 種營養鹽供給策略 (海水溢流、F/2 培養基、農肥配方) 在兩種不同光照特性桶槽 (高透光圓桶 vs. 不透光方桶) 中海門冬生產的表現。結果證明光照的「調

控」是戶外養殖穩定的關鍵：不透光的 1.8 噸方桶搭配海水溢流模式，具有最高的生產穩定性 (SGR $3.2 \pm 0.3\%$)；相較於 1 噸高透光圓桶在溢流組中展現 SGR 3.5% 的最高產能，但因其在此次添加營養鹽時變異性極高，必須配合遮光等調控技術方能精準生產。此外，低成本的農肥配方在光照調控環境下，生長效果與昂貴的 F/2 培養基相當，具備顯著的經濟推廣價值。

在飼料添加應用驗證方面，本研究證實海門冬於 0.15% 低劑量添加下，即可於牛隻與羊隻中快速降低超過六成之甲烷噯氣排放，顯示其於反芻動物溫室氣體減量之高度效能。生乳品質分析結果顯示，海門冬添加不影響乳脂、乳蛋白與乳糖等主要成分，且生乳中重金屬與溴含量皆未檢出，顯示具良好食用安全性，惟碘含量隨添加顯著提高，須納入後續風險管理考量。進一步以低碳生乳開發優格、奶酪、新鮮起司與冰淇淋等多樣乳製品，證實其加工適性與產品穩定性良好，具備商業化潛力 (圖 2)。本研究成功整合海門冬人工養殖、生產管理與飼料添加應用，提供畜牧產業低碳轉型之可行技術路徑，並為後續產業推廣與永續發展奠定科學基礎。



圖 1 本所東港養殖研究中心的 1 噸級半透明 FRP 圓桶



圖 2 海門冬低碳乳製品試製

應用草食性魚貝類腸道微生物水解藻類多醣

林幼君¹、邱韻霖²、金映玥³、黃瀛生⁴、蔡慧君⁵

¹國立宜蘭大學、²澎湖漁業生物研究中心、³水產養殖組、⁴淡水養殖研究中心、⁵水產加工組

海藻具高效固碳潛力，其生長過程可將水中二氧化碳轉化為生物質，且養殖過程相較陸生植物投入的材料與能源都較低，具發展生質能源與替代性營養來源之優勢。然而，海藻多醣結構複雜，常含硫酸酯基團，傳統物理或化學水解方式不僅轉化效率低，亦易破壞活性成分並產生副產物，限制其高值化應用。本研究針對上述瓶頸，初步解析草食性魚貝類能水解海藻的關鍵腸道菌相及其代謝物組成，並透過模擬腸道環境建立魚腸菌相之體外培養系統，以評估腸道微生物對海藻水解的效益表現。以期未來可自腸道中分離出可水解多醣與代謝其產物的關鍵微生物，加速海藻多醣水解成簡單醣類的轉化效率，來提高藻類資源的經濟效益，並為下游產業提供高品質的海藻水解原料。

本研究選擇草魚 (*Ctenopharyngodon idella*)、九孔 (*Haliotis diversicolor*) 與海膽 (*Strongylocentrotus intermedius*) 等草食性魚貝類模式生物，透過模式生物腸道內容物體外培養系統，結合微生物多樣性分析與非標靶代謝體學分析，以系統性地評估其不同飼糧條件下之藻多醣水解效能與代謝特徵。試驗結果顯示，草魚腸道菌群於以絲藻為基質時產生最高濃度之還原糖、乙酸、丙酸與丁酸，展現顯著的多醣水解與發酵能力；九孔與海膽菌群之水解與揮發性脂肪酸 (volatile fatty acids, VFAs) 生成效能相較較低。三種模式生物之腸道菌多樣性均受藻類原料之影響，而明顯提升。

在菌相組成方面，野生九孔以 *Mycoplasma* 為優勢菌屬，而人工飼養九孔中 *Sulfuromonas*、*Phocaecola* 等具多醣水解與有機酸代謝功能之菌屬顯著增加；海膽飼食馬尾藻後菌群由 *Carboxylicivirga*、*Puteibacter* 屬轉為

Photobacterium 與 *Propionigenium* 屬；草魚則隨餌料由飼料、狼尾草至絲藻，菌群逐漸由蛋白質代謝型轉為多醣發酵型，絲藻組中 *Phocaecola* 與 *Bacteroides* 屬顯著上升，顯示餌料可導引腸道菌群功能性轉變 (圖 1)。

本研究初步揭示草食性魚貝類腸道菌群具顯著海藻多醣水解與發酵潛力，且藻類餌料可有效導引腸道菌相由蛋白質代謝型轉為多醣分解型。透過體外腸道培養系統與多體學分析，成功鑑別具應用潛力之功能菌群。未來可進一步分離關鍵菌株與其酵素，建立高效率、溫和的微生物水解技術，作為海藻生質能源與高值化原料開發之基礎。

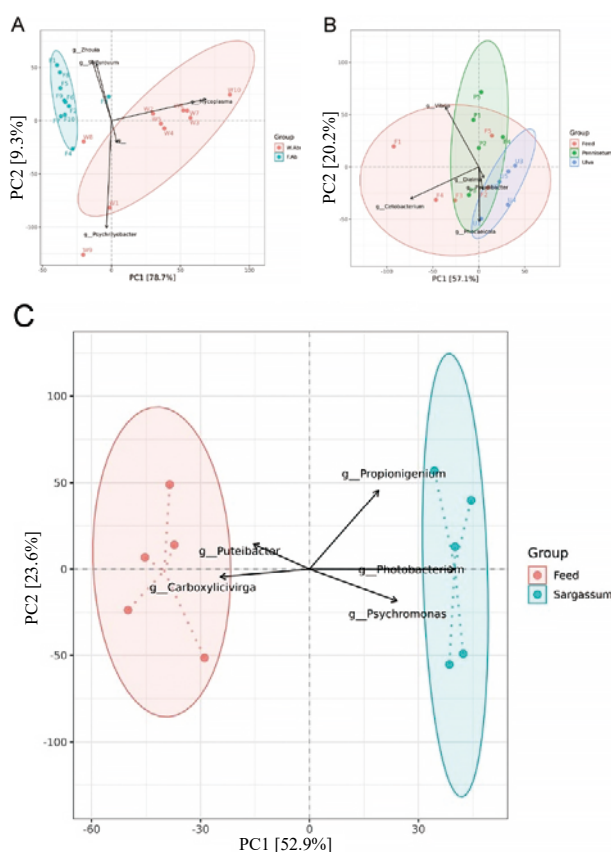


圖 1 九孔 (A)、海膽 (B) 及草魚 (C) 腸道菌群經飼料或海藻原料飼食後測試多樣性差異

大宗漁獲研發機能性休閒食品

吳依玲¹、杜中菁¹、洪祥瑀¹、高堂穎¹、吳思節²、蔡慧君¹

¹水產加工組、²國立臺灣大學

大宗漁獲多以原材料形式進行販賣或出口，未能充分發揮其營養價值與市場潛力，市面上以這些漁獲所製的加工產品，多為傳統高度加工食品，經過重度調味並添加大量食品添加物，可能對消費者的健康造成潛在風險，因此開發兼具健康及便利的產品為本研究之重點。

本研究利用兩種新穎加工技術為臺灣大宗漁獲開發符合現代健康需求的即食休閒產品。第一項為利用真空冷凍乾燥技術，將金目鱸、吳郭魚及鬼頭刀經浸漬液浸泡、蒸煮後製成凍乾魚片，使其水分皆低於 5%，水活性低於 0.3，為低水活性食品，可於常溫存放。凍乾魚片質地以鬼頭刀硬度最高，金目鱸最低（表 1）。復水能力試驗中，三種凍乾魚片於 30℃ 水中浸泡 5 分鐘皆達最大復水率的 75% 以上，展現良好的復水特性，可以沖泡方式食用。將 3 種凍乾魚片進行官能品評，結果不論是作為零食直接食用或是沖泡後食用，皆以金目鱸接受度最佳，吳郭魚與鬼頭刀在直接食用上接受度雖僅略低於金目鱸；而復水後品評結果差距較大，以鬼頭刀接受度最低，顯示較不適合以沖泡方式食用。凍乾魚片最大程度保留魚肉原始風味與營養成分，並延長產品保存期限，符合現代健康零食的市場需求，凍乾金目鱸魚片（圖 1）兼具零食及沖泡食用性，具發展潛力。

第二項為運用真空微波乾燥技術，將含多量細刺之虱目魚背肉經乾燥、脆化，再結合研磨技術，取代傳統製程中需要仰賴人工拔刺的步驟，製得含刺虱目魚鬆，其鈣含量達 131.2 mg/100g，是傳統虱目魚鬆 (8.4 mg/100g) 的 15.6 倍，可視為高蛋白質和高鈣的膳食補充品，不僅提升副產物的利用、節省時間與成本，亦增加產品營養價值。進一步將魚鬆與木鱉果粉結合製成機能性魚鬆，木鱉果富含茄紅素與 β -胡蘿蔔素，將其榨油後的果渣磨粉，以適當比例添加後經官能品評，結果以添加 10% 木鱉果粉的魚鬆接受度最佳，其茄紅素的含量為 0.47 ppm、 β -胡蘿蔔素為 0.04 ppm，產品經安定性試驗評估，可於室溫存放至少 6 個月。另以糙米膨發技術結合機能性魚鬆，並以低熱量、具益生元作用之異麥芽寡糖取代傳統麥芽糖進行塑型，製成魚鬆米菓產品（圖 2）。除了木鱉果粉，魚鬆亦可以和其他蔬果粉結合，如鳳梨粉、火龍果粉，其最佳混合比例經官能品評為 20%，此研究證實可藉由不同蔬果粉所提供的天然色澤、風味、機能性成分與膳食纖維，來提升魚鬆製品的營養價值與市場辨識度，符合健康、天然之消費趨勢，有助於水產品加值利用與跨域整合，深具商品化潛力。

表 1 不同魚種凍乾品之物化性質比較

魚種	金目鱸	吳郭魚	鬼頭刀
水分	3.07±0.52	3.30±0.27	4.86±0.32
水活性	0.17±0.01	0.19±0.00	0.24±0.01
L*	66.08±0.95	83.16±1.24	78.73±0.08
a*	1.92±0.02	0.41±0.25	2.02±0.04
b*	24.35±0.49	20.60±1.67	22.41±0.02
硬度(g)	2,007±111	3,962±202	4,669±410



圖 1 凍乾金目鱸魚片



圖 2 機能性魚鬆米菓

研發水產資材製作仿真海鮮

潘宜庭、彭鈺婷、蔡慧君
水產加工組

為強化國家糧食安全，近年來全球先進國家紛紛投入 3D 食品列印技術之開發，其主要目的之一在於降低糧食生產過程之耗損，減少可食性原料浪費，並透過添加植物蛋白與藻類，調整材料之流變特性，開發可用於 3D 列印之食品墨水，製作成接近真實水產品之型態。因此，本研究旨在開發可列印 3D 水產品之配方，以低利用度之魚類為原料，結合植物性素材及天然藻類成分，探討較適的配方組成，並以高單價水產品為模板進行 3D 列印，以提升水產原料的利用層面。

本研究先分析市售鮑魚、干貝、螺肉及鮭魚等質地特性，建立硬度、彈性、黏性與凝聚力等咀嚼口感參數。隨後以冷凍烏魚殼碎肉為主要原料，搭配不同比例之大豆蛋白、海藻膠與澱粉，製備 3D 列印魚漿食品墨水配方，由流變分析顯示，添加鹿角菜膠、海藻酸鈉及轉麩醯胺酸酶可有效提升魚漿黏彈性，其中以 0.7% 鹿角菜膠效果最佳；另複合添加馬鈴薯澱粉與蛋清粉可改善列印支撐性與細緻度，並以山梨糖醇降低列印毛絮堆積。最終建立具良好列印穩定性與成型精緻度

之 3D 食品列印基礎配方。

採上述基礎配方再利用 3D 繪圖軟體建構帆立貝模型，並搭配不同噴嘴孔徑進行層層堆疊列印分析，結果顯示 1.5 mm 孔徑噴嘴具有較佳列印品質；惟受限食品墨水特性與設備精密度，弧面結構仍有進一步改善空間。質構分析顯示，仿真帆立貝初次咀嚼質地近似罐頭鮑魚，但因 3D 列印是由層層堆疊，堆疊處有空隙，回彈性較低、結構易崩解。仿真帆立貝經硬度分析結果為 $4.56 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ ，符合銀髮友善食品 (eatender) 質地分級的牙齦咀嚼 (gum edible) 標準 ($5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$)，具有發展為樂齡食品之潛力 (圖 1)。

臺灣四面環海，過去為全球重要水產品生產國之一，然近年受氣候變遷、海洋暖化、外來物種入侵及疾病等因素影響，漁業永續發展與糧食供應鏈安全面臨挑戰。本研究以水產素材開發適用於 3D 列印之可食用墨水配方，建立水產素材應用於 3D 列印食品之基礎模式，亦呼應先進國家強化糧食安全之策略，並促進水產及其加工副產物高值化利用，降低可食性水產資源之浪費。

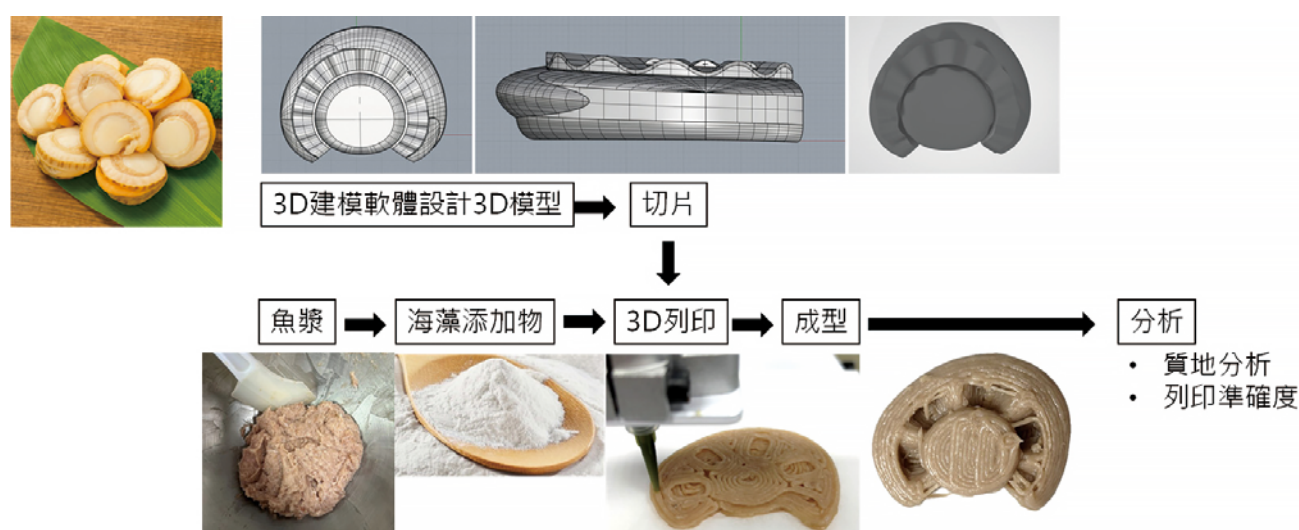


圖 1 利用烏魚殼碎肉開發 3D 列印食品墨水，列印仿真帆立貝

電場輔助解凍對水產品品質之探討

林禹承¹、王上達²、李御禎²、蔡慧君¹

¹水產加工組、²國立臺灣海洋大學

冷凍鮪魚為我國遠洋漁業及高值化加工產業之重要原料，解凍製程直接影響產品品質、加工效率與能源使用表現。現行解凍方式普遍存在解凍時間冗長、滴液損失率偏高及品質劣化等問題，尤其對大型魚種或高品質產品影響更顯著。近年非熱加工技術被視為提升冷凍水產品解凍品質之潛力工具，其中電場輔助解凍技術可影響冰晶結構與熱傳導，縮短解凍時間並降低品質劣化風險。惟不同電場形式仍缺乏系統性比較評估，限制其導入產業端的應用性。

本研究以大目鮪 (*Thunnus obesus*) 為研究对象，針對脈衝電場 (pulsed electric field, PEF) 與高壓靜電場 (high voltage electrostatic field, HVEF) 兩種電場輔助解凍技術，評估其對解凍之影響。試驗以傳統冷藏 (4°C) 解凍方式作為控制組，於不同電場強度條件下，比較解凍時間、滴液損失、蒸煮損失、質地特性、鮮度指標 (揮發性鹽基態氮、總生菌數)，並進行能源使用與碳排放量之估算，以建立電場解凍之整體效益評估。

研究結果顯示，脈衝電場 (PEF) 與高壓靜電場 (HVEF) 均可提升大目鮪之解凍效率，控制組解凍需 89 分鐘，PEF 3.5 kV/cm 縮短至 67 分鐘 (圖 1)，效率提升 24.7%；HVEF 4.0 kV/cm 縮短至 74 分鐘，效率提升 16.9% (圖 2)。在品質表現上，PEF 於 3.0 – 3.5 kV/cm 條件下，其滴液損失、蒸煮損失、質地與鮮度指標均接近新鮮組；HVEF 則需較高電壓方能呈現明顯改善。分析總生菌數量與揮發性鹽基態氮結果顯示，解凍時間縮短有助於抑制品質劣化，且以 PEF 效果優於 HVEF。能源評估結果顯示，在每批次 150 g 之小型腔室處理下，PEF 最低耗能為 1,913.62 Wh/kg，較控制組下降 23.3%，碳排放量與電費亦同步降低；HVEF 之耗能降幅較小 (表 1)。整體而言，PEF

處理在能源改善與解凍效率提升皆具一致性，並以 3.0 kV/cm 為兼顧品質與能源之最適條件，而 HVEF 於較高電壓條件下可作為替代方案。本研究已建立電場解凍之效益資料與關鍵參數範圍，可作為後續放大試驗與商業化評估之基礎。

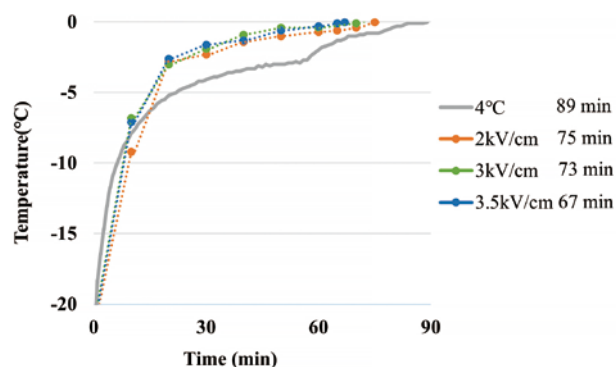


圖 1 脈衝電場輔助解凍溫度曲線

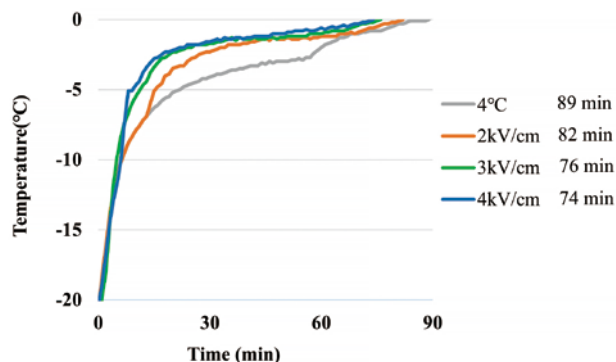


圖 2 高壓靜電場輔助解凍溫度曲線

表 1 各冷凍技術之耗能比較

組別	解凍時間 (min)	耗能 (Wh/kg)	電費 (元/kg)	碳排放量 (kg CO ₂ e/kg)
控制組	89	2,493.98	7.89	1.18
PEF	2 kV/cm	2,142.14	6.77	1.02
	3 kV/cm	2,085.68	6.59	0.99
	3.5 kV/cm	1,913.63	6.05	0.91
HVEF	2 kV/cm	2,352.53	7.44	1.11
	3 kV/cm	2,179.39	6.89	1.03
	4 kV/cm	2,141.75	6.71	1.01

牡蠣格外品的加工與利用

鄭之瑀、邱韻霖、林慧秋、廖紫嫻、許雅筑
澎湖漁業生物研究中心

牡蠣 (*Crassostrea angulata*) 是臺灣重要的養殖貝類，根據資料顯示，2023 年總產量約 1.6 萬公噸，其中澎湖產量約 1,300 公噸，為重要產區之一。在採收牡蠣時，一串牡蠣中會有約 3 成的牡蠣，體長約 3 – 5 cm，因為外型規格不符合燒烤業者需求，而不受到青睞，稱為格外品，業者主要將其製成罐製品，應用上較為侷限，如何提升這些牡蠣應用性，便是一個重要課題。

本研究針對澎湖格外品牡蠣之應用侷限，導入酵素水解並以其水解物作為原料，評估其產品化可行性。首先比較不同酵素添加量對水解程度與抗氧化性的影響。結果顯示，水解後 pH 值下降、可溶性固形物上升、可溶性蛋白降低而胜肽含量顯著提高，其中中性蛋白酶 1% (HN1) 由 2.42 增至 10.00 mg/ml (約 4 倍)，並對應最高水解率，而且在 DPPH、ABTS 等自由基清除能力之 IC₅₀ 指標上亦具最佳表現，以此確立 HN1 為後續產品開發之水解條件。成分變化方面，水解後核苷酸含量整體下降，游離胺基酸總量由 82.76 增至 672.99 mg/100g；必需胺基酸與支鏈胺基酸分別提升至 420.73 與 190.84 mg/100g。味覺活性值 (TAV)

分析顯示，Glu 成為主要鮮味來源，Asp、Ala、Leu 等提供次要修飾；等效鮮味濃度 (EUC) 約提升 2 倍，表示整體鮮味強度上升。

開發產品包括機能飲品 (圖 1) 和沖泡湯粉 (圖 2) 進行喜好性分析，沖泡湯粉官能表現優於飲品 (圖 3)，具較高商品化潛力。湯粉於 45°C 加速儲存 60 天，水活性與 TBA 值均緩慢上升但維持於可接受範圍，病原菌檢測皆為陰性；依 Q10 法推估，常溫保存期約 9 – 12 個月。

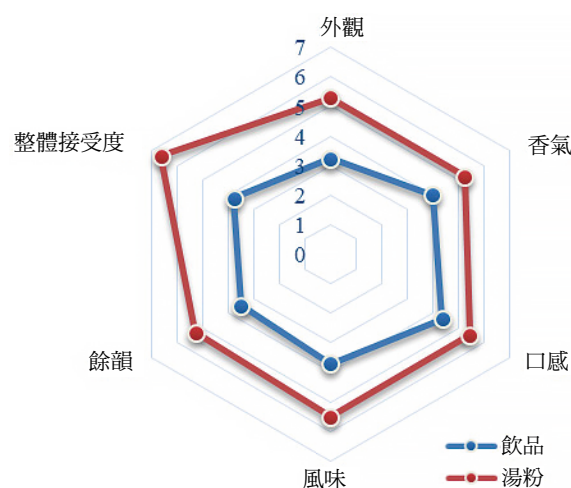


圖 3 飲品與湯粉之喜好性分析



圖 1 牡蠣機能飲品



圖 2 牡蠣沖泡湯粉

澎湖紫菜功效評估及其應用

林慧秋、邱韻霖、廖紫嫻、鄭之瑀、許雅筑
澎湖漁業生物研究中心

澎湖是臺灣紫菜(壇紫菜 *Neoporphyra haitanensis*) 的產量與產值均居冠的地區，本研究中心分析澎湖紫菜成分，顯示含有豐富粗蛋白、總膳食纖維、脂肪酸及游離胺基酸，適合各年齡層補充營養，尤其適合銀髮族及素食人口補充植物性蛋白質、鈣質及膳食纖維。

本研究評估澎湖紫菜萃取物的美容保養功效性，樣品來源有3種：講美及白坑地區的養殖1—3期紫菜及進口紫菜，分別採用水、50%及100%乙醇萃取處理，其萃取物抗氧化活性(DPPH及ABTS自由基清除、螯合亞鐵離子能力及還原力)良好，優於對照組(trolox)。

以抗菌擴散法(well diffusion assay)進行抗菌分析，結果顯示可抑制痤瘡桿菌生長效果的有白坑紫菜水萃取、講美及白坑50%乙醇萃取、講美

100%乙醇萃取；抑制金黃色葡萄球菌(10780)生長的有講美及白坑50%乙醇萃取、白坑100%乙醇萃取(表1)。以皮膚纖維母細胞株(NIH/3T3)評估7個濃度的講美水萃取物或白坑水萃取物之細胞活存率結果顯示，講美水萃取物處理組，除濃度0.25%、0.125%和0.0625%在第3天顯著高於0%控制組外，其餘組別則與控制組相比無顯著差異；白坑水萃取物處理組，除濃度0.0156%與控制組相比無顯著差異外，其餘組別則皆顯著高於控制組(圖1)。講美及白坑紫菜萃取物具有增加細胞可溶性總膠原蛋白質含量功效，其含量可增加至原本的1.2—1.5倍。在濃度0.25、0.125和0.0625%具有顯著細胞增殖功效，並且在濃度0.25%有顯著增加細胞可溶性總膠原蛋白質含量(圖2)。

表1 紫菜萃取物抗菌試驗抑菌圈(mm)及最小抑制濃度MIC及最小殺菌濃度MBC(50 mg/ml)

紫菜萃取物	痤瘡桿菌 <i>P. acnes</i> 10723			金黃色葡萄球菌 <i>S. aureus</i> 12654			金黃色葡萄球菌 <i>S. aureus</i> 10780			皮膚芽孢桿菌 <i>M. furfur</i> 22243			表皮葡萄球菌 <i>S. epidermidis</i> 10785		
	DD	MIC	MBC	DD	MIC	MBC	DD	MIC	MBC	DD	MIC	MBC	DD	MIC	MBC
講美水萃凍乾	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND
白坑水萃凍乾	12	-	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND
進口水萃凍乾	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND
講美50%乙醇萃	11	-	ND	-	ND	ND	21	6.25	6.25	-	ND	ND	-	ND	ND
白坑50%乙醇萃	13	-	ND	11	-	ND	20	6.25	6.25	-	ND	ND	-	ND	ND
進口50%乙醇萃	10	-	ND	-	ND	ND	12	-	ND	-	ND	ND	-	ND	ND
講美100%乙醇萃	11	-	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND
白坑100%乙醇萃	-	ND	ND	-	ND	ND	18	6.25	6.25	-	ND	ND	-	ND	ND
進口100%乙醇萃	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND

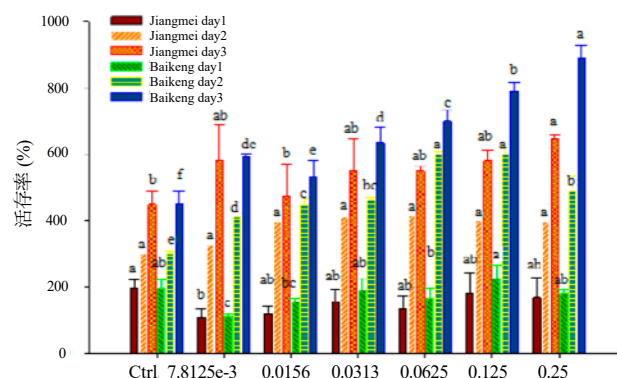


圖1 紫菜水萃取物每日活存率試驗

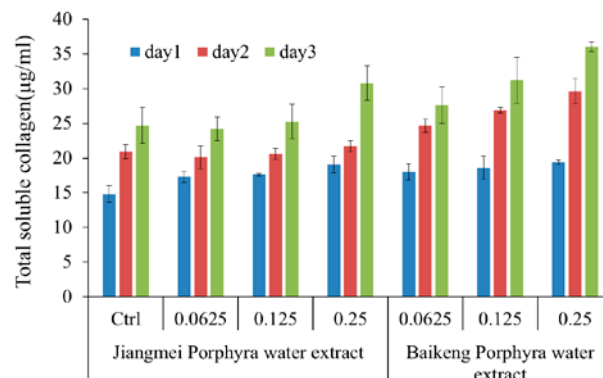


圖2 紫菜水萃取物每日膠原蛋白質試驗

澎湖傳統魚乾加值多元開發利用

邱韻霖、廖紫嫻、林慧秋、許雅筑、鄭之瑀
澎湖漁業生物研究中心

澎湖嵵裡社區的「煮乾鯧」加工產業已逾百年歷史，全盛時期曾有 30 餘家業者進駐，現僅存 11 家。由於漁獲減少、勞動力流失及傳統魚乾為「低階食物」的刻板印象，導致如銀灰半稜鯷（白饒）（圖 1）等豐收漁獲常淪為低價養殖餌料（約 8－10 元/kg）。為振興產業，「醉魚乾」是指利用烘烤或日曬製成的鹹甜魚乾製品，本研究利用熱風乾燥技術建立醉魚乾（圖 2）製程模式，並證實此技術能顯著提升產品價值，將原本每台斤 90 元的煮乾鯧再製後，收益可放大約 4－6 倍，毛利率達 70－76%。



圖 1 銀灰半稜鯷曬製成煮乾鯧



圖 2 醉魚乾原味及基底風味

在營養分析結果顯示，白饒醉魚乾呈現出極佳的「高蛋白、高鈣」營養密度。經乾燥後，產品水分由生鮮時的 73.77% 大幅降至 4.35%，蛋白質含量則濃縮至 76.37%，鈣含量 1,836 mg/100g，其表現不亞於市售丁香魚乾。針對銀髮族肌少症預防，分析顯示其支鏈胺基酸 (BCAA) 含量達 12,780 mg/100g，其中白胺酸 (leucine) 高達 5,953 mg/100g (表 1)，推估每日僅需攝取約 40－45 g 即可啟動肌肉蛋白質合成途徑 (mTORC1)。此外，產品亦富含牛磺酸及 Omega-3 脂肪酸 (EPA 與 DHA 總計約 1,200 mg/100g)，具備心血管保健之功能性補給價值。

為因應現代健康訴求並解決傳統魚乾的鈉負荷過高問題，研究進一步開發脫鹽策略與風味多元化產品。實驗發現透過魚水比 1:10 浸泡 30 分鐘的脫鹽處理，可有效降低約三成鈉含量，改善傳統產品高鹽對心血管造成的負擔。並以半脫鹽醉魚乾為基底，團隊試製金沙、香辣與漢方三種風味，藉由香辛料補償因減鹽而流失的風味強度，官能品評平均皆達 3.7 分以上 (5 分制)。透過 45°C 加速儲藏試驗推估，產品在 25°C 常溫下有 8－12 個月的優異保存期，具備高度市場競爭力與產業轉型實力。

表 1 醉魚乾與常見高蛋白食品 BCAA 及 EAA 比較表

項目	BCAA	Leu	Ile	Val	總EAA
原味醉魚乾	12,780	5,953	3,114	3,713	30,431
雞胸(熟)	5,885	2,652	1,573	1,660	14,133
雞蛋(水煮)	2,530	1,076	686	768	4,408

單位：mg/100g

雞胸肉(熟)及雞蛋(水煮)數據來源：Myfooddata

九、資通訊技術於水產的應用研究

漁業領域專案管理計畫

陳威克¹、何淑真¹、李宜映²、林詒悅²、蔡惠萍¹

¹技術服務組、²社團法人台灣農業科技資源運籌管理學會

本計畫持續負責本所漁業科技領域之計畫管考、成果彙整及產業媒合推動工作，本(114)年度工作重點著重在確保計畫執行穩定、成果資料準確，以及強化科研成果與產業端之實際連結。

在計畫管理方面，本年度完成漁業領域綱要計畫4季季報彙整作業，並依農業部科技司規定之作業時程，配合主管機關彙整需求，在短時間內完成資料回收、整理與送交。作業過程中，除即時回應主管機關各項補充資料需求外，亦同步提供填報範例與重點說明文件，協助各計畫執行單位迅速掌握填報方向與任務重點，使研究人員能在有限時間內完成對應資料準備，顯著降低反覆補件與修正情形。全年並完成115年度漁業領域綱要計畫書彙修及114年度漁業領域績效報告初稿撰寫，確保年度成果與次年度規劃順利銜接，相關文件均依限完成。

在成果推廣與產業媒合方面，於2025年11月5日辦理「114年度漁業科技成果發表暨技術媒合會」。活動前即先導入技術行銷學習單，協助研究團隊系統性整理各項技術之特性、應用場域、潛在使用對象及產業價值，作為後續成果呈現與現場說明之基礎資料。並依據學習單彙整結果，統一製作技術說明圖卡、成果展示海報及技術手冊，提供研究人員於活動當日進行成果展示與媒合說明，使各項技術資訊得以用清楚且一致之方式呈現，降低現場說明負擔。另於活動前辦理研究人員行前說明會，就活動流程、技術展示方式、媒合交流安排及現場分工進行完整說明與確認，使當日出席人員清楚掌握各自工作內容與責任，有效降低現場臨時溝通與協調成本，確保活動順利且圓滿完成(圖1、2)。

活動當日安排技術簡報說明各項研究成果，協助與會業者掌握技術內容與應用方向；隨後透



圖1 114年度漁業科技成果發表暨技術媒合會



圖2 114年度漁業科技成果發表暨技術媒合會大合照

過分桌媒合交流，促進研究團隊與業者進行具體洽談與討論。配合完善之成果呈現與媒合支援機制，與會業者能於短時間內掌握各項技術之重點內容、適用場域及實際應用情境，使媒合洽談能更聚焦於實際導入條件與合作模式。現場安排多組分桌媒合交流時段，讓業者依自身需求與關注技術，與不同研究團隊逐一討論技術可行性、投入成本與應用方式，協助業者形成具體評估方向。依據活動後回收之問卷與現場回饋，多數與會業者對活動內容、媒合流程及成果呈現方式表達肯定，整體滿意度超過九成，實質強化漁業科技成果與產業端之連結與應用推廣。

提升農業創新育成服務與輔導效能

林芳安、何欣珏、蔡惠萍
技術服務組

2025 年本所與農業部所屬創新育成中心共辦理 4 場工作小組會議，討論創新育成業務、計畫分工及作業要點，並整合 5 個單位 (4 所 1 院) 之創新育成中心資源，聯合辦理標竿學習、教育訓練、招商及展售等活動，積極培育與輔導進駐之農企業。

2025 年本所再添 4 家業者進駐，自 2009 年起累計輔導家數達 54 家，成果持續擴展。

透過辦理「標竿學習企業參訪」活動，帶領農企業廠商前往參訪「源鮮智慧農場」，該企業致力於將健康理念與農業生產深度結合，提供智慧垂直農場之規劃建置服務，並整合多元農業作物之種植技術輔導與營運管理支援，開創具前瞻性的未來農業新模式。藉由此次實地觀摩與交流，期望汲取其成功經驗，促進產業知能提升，進而達成企業共好與永續發展之目標 (圖 1)。

在育成效推廣宣傳方面，為具體展現進駐廠商經系統性輔導後，成功將創新技術落實商品化並拓展市場之整體成效，特於農業部五樓大禮堂辦理「114 年度農業創新育成中心畢業成果發表會」。透過成果展示與公開發表方式，強化育成成果之對外曝光，提升社會及產業界對育成中心輔導能量之認同。本次活動除邀請胡次長忠一親臨現場，為畢業廠商頒獎並致詞祝福 (圖 2 左)，彰顯政府對農業創新成果之高度重視外，亦特別安排具實戰經驗之育成廠商代表進行經驗分享 (圖 2 右)，深入探討國際市場布局策略與實務挑戰，協助進駐及畢業廠商掌握國際化發展契機。藉由本次活動之交流互動與資源串聯，不僅有效促進廠商間之經驗媒合與合作連結，亦同步發揮育成網絡平臺功能，強化創新成果擴散效益，進一步提升育成中心整體能见度。

為強化育成廠商之行銷推廣與市場拓展能

量，今年度推薦育成廠商參與「開箱迎門·農科樂結盟」開放日 (圖 3) 及「2025 農畜聯合開放日」展售活動，透過實地銷售與消費者直接互動之模式，協助廠商即時掌握目標客群對新產品之期待與回饋意見，並有效提升廠商品牌形象及產品曝光度。藉由參與大型展售活動，育成廠商得以進行實際通路驗證，評估產品於不同消費族群間之市場接受度，作為後續產品優化與行銷策略調整之重要依據，進而開發更貼近消費市場需求之創新產品，強化其市場競爭力與永續經營基礎。



圖 1 114 年度農業創新育成中心標竿學習企業參訪交流活動合照



圖 2 114 年度農業創新育成中心聯合畢業成果發表會活動合照 (左) 及海外拓展座談活動 (右)



圖 3 「開箱迎門·農科樂結盟」開放日活動合照

全國智慧型即時養殖洞察系統建置與場域驗證(II)

王郁峻、蔡惠萍
技術服務組

臺灣因地狹人稠，土地利用往往採複合利用形式，為因應近年國內發展再生能源之趨勢，農業部推動「養殖為主 綠能加值」的政策，在水產養殖領域開發出漁電共生等利用方式，迄今已建立多處漁電共生場域。而科技化的現代，為節省人力，實現科學化養殖管理，民間產業投入 IoT 設備與網路環境部署作業，公部門亦可因應物聯網發展趨勢，整合現有各類智慧養殖設備，建立科學化管理基礎，增加決策的準確性與效率。

2025 年研發成果有：(1) 建立系統使用者權限管理機制、介接 IoT 設備資訊、燈號示警異常狀態、養殖場資訊頁面以及 GIS 顯示養殖場地理位置等功能；(2) 整合 IoT 設備資訊並以儀表板分析近 2 週 pH 值與養殖投餵情形 (圖 1)，並以後台彙整蒐集之原始數據；(3) 建立多元數據介接及獲取方式提供介接 API，已與 IoT 設備商進行介接測試，依平臺的 API 格式、欄位提供資料給平臺，以簡化數據介接作業，提高執行效率；(4) 與地方政府合作辦理說明會 2 場次，蒐集實際使用者對系統投入管理使用之意向與回饋 (圖 2)；(5) 與本

所研究中心合作，以吳郭魚、鱸魚及泰國蝦為試驗物種，建立 3 場示範場域，安裝 IoT 設備紀錄與彙整魚塢資訊、地理位置、pH 值與投餵量等現場養殖資訊至洞察系統進行分析。



圖 2 說明會辦理情形

2026 年規劃優化洞察系統使用者介面 (UI/UX)，參考產銷履歷之相關規範，建置一站式瀏覽養殖相關資訊之功能，以進一步加值應用養殖數據。



圖 1 洞察系統畫面

智慧養殖技術延伸與擴散應用(III)

王郁峻、蔡惠萍
技術服務組

全球水產養殖業面臨極端氣候、環境變遷與疾病等風險挑戰，此外，人口高齡化與人力短缺問題導致經驗傳承出現斷層，成為產業發展亟需克服的難題。本研究前期已運用資通訊技術、物聯網、雲端運算及大數據分析，結合智能互聯概念，開發多項智慧化養殖技術。本(114)年度的目標則著重於協助傳統水產養殖業加速自動化與智慧化進程，推動產業向智能化養殖邁進。

2025 年研發成果：(1) 病原性海洋弧菌檢測系統參數優化 - 優化檢測溫度、試劑比例、檢測體積、前處理震盪時長等 5 項關鍵參數。利用田口法直交表進行試劑呈色時間實驗，結果顯示，MV Kit 檢測病原性海洋弧菌之最佳參數組合為檢測溫度 34°C、試劑比例 1:4、檢測體積 2 ml，在海洋弧菌濃度 10^5 CFU/ml 時，呈色時間可縮短 21.65%，僅需 5 小時即可偵測到危害濃度，能在病原菌大爆發初期快速掌握狀況，有效提高預防風險；(2) 文蛤品質（活動力 / 鮮度）篩選演算法邊緣運算布局 - 將原本於 Google Colab 雲端訓練之模型遷移並部署至 ASUS NUC 邊緣運算平台，可透過邊緣端即時推論，並結合輸送帶進行文蛤自動化分級；(3) 間捕式餌料生物培育系統 - 完成單板電腦與物聯網雛形機整合（圖 1），將滾筒升降馬達更換成直流馬達，利用正反

轉控制器及限位開關簡化軟體及電路，並選用雙電壓輸出電源供應器以符合泵浦及馬達需求；採用 RS485 訊號之 pH 及 Temp 感測器，內部系統整合採單一 AC 電源供電搭配 DC 轉換來進行水質檢測；螢幕則選用具備 IPS 電容觸控及 Linux 作業系統之單晶片，透過 Modbus RS485 協議進行信號傳輸，並配備防潑水外殼以利全天候運行；(4) 水產養殖智能增值服務系統（草蝦、白蝦）推廣，本系統透過記錄與改善投餌參數可節省飼料成本，即時監控與分析水質數據則讓養殖戶能迅速應對突發狀況，有效提升養殖戶的生產效率。此外，藉由數據驅動型企業聯盟的建立，實現資源與資訊的共享，目前已完成至少 3 家以上企業參與資訊共享，形成穩定的數據生態圈，透過系統的推廣與應用，促使養殖行業逐漸形成標準化的數據紀錄及管理流程，為未來數據驅動升級奠定基礎。

推廣智慧養殖漁業技術部分，2025 年 10 月假臺北世貿一館參與「臺灣創新技術博覽會發明賽」，以本計畫研究成果參賽，「自動化可攜式水中病原菌檢測系統」及「養殖槽升降式換水系統」分別獲得金牌獎及銀牌獎之殊榮，參展之養殖業者亦或其他領域之潛在業者，增進互動與促進交流，成功推廣養殖技術。

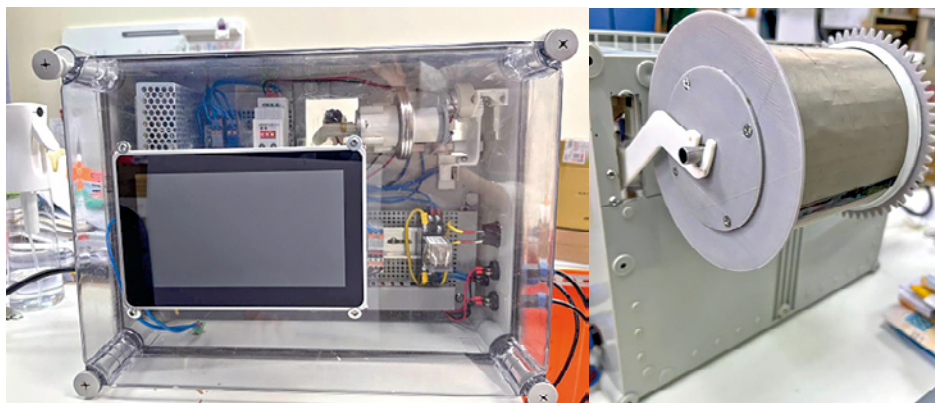


圖 1 間捕式餌料生物培育系統

創新水產養殖長效感測晶片及智慧排汙之驗證(II)

林志遠¹、陳仁偉²、劉呈威¹

¹技術服務組、²實踐大學

近年來漁業養殖藉由導入感測監測設備協助管理者掌握養殖環境變異與魚隻活動狀態。本計畫應用感測技術、電控系統、資料分析、AI 影像辨識等技術，於實地養殖場域驗證工研院於 2025 年持續改良開發之長效溶氧感測模組、晶片式精準投餌系統與智慧清汙系統等三項智慧養殖關鍵系統設備之功能規格及成效評估，包含：(1) 評估長效溶氧感測模組精準度範圍與清潔效期；(2) 專家評估養殖精準投餌模型電腦學習準確度；(3) 驗證晶片內建智慧排汙系統除泥效果與機構合適性。

溶氧模組於 5、8 與 9 月分別進行 3 次 7－10 天現場驗證，均能持續運作超過 7 天，且相對誤差均低於 20%，最佳可達 1%，相較市售產品於第 3 日即失效。精準投餌系統透過 3 位石斑魚專家進行 48 次紀錄，建立訓練與驗證資料，模型決策準確率達 95% 以上。智慧清汙系統則於屏東場域完成 14 日的連續測試，平均清潔覆蓋率達 95.3%，高於 90% 門檻。

為配合技術驗證成果執行市場需求與晶片開發規格整體評估 (圖 1)，期間完成辦理多場養殖戶問卷調查與座談 (圖 2)，擴大資料蒐集規模，另搭配 SWOT 分析 (圖 3)、五力分析 (圖 4) 與成功關鍵因素評估，作為提供工研院未來系統精進方向依據。

本研究成功整合「設備穩定度、清潔覆蓋率、清除效率與水質改善效果」為一套可重複、可對標、可量化之智慧清汙標準驗證架構。此作法與近年智慧農漁業設備導入所強調的參照 2022 年 FAO 之「標準化測試－分級認證－政策補助綁定」模式一致，可作為我國後續智慧清汙設備納入示範案、補助計畫與產業標準制定之依據。

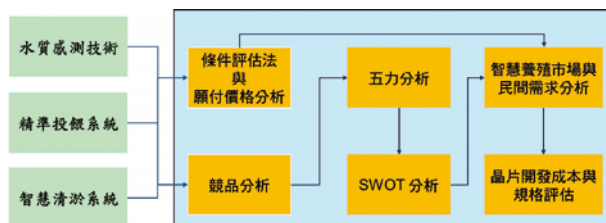


圖 1 市場需求與晶片開發規格整體評估研究架構



圖 2 養殖戶問卷調查座談

優勢 (Strengths) - 即時監測 - 維護週期長 - 準確	劣勢 (Weaknesses) - 初期設備成本高 - 需定期校正
機會 (Opportunities) - 淨零碳排政策 - 智慧養殖趨勢	威脅 (Threats) - 價格競爭 - 傳統設備替代

圖 3 SWOT 分析

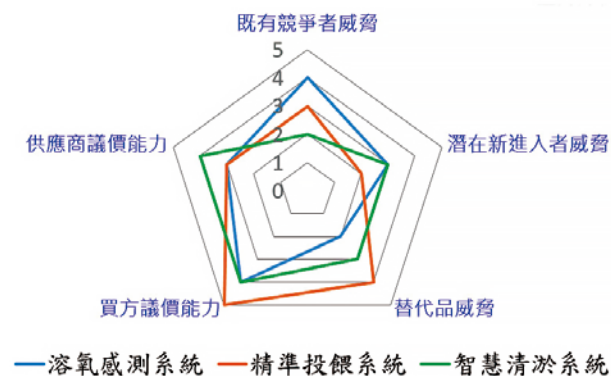


圖 4 五力分析

養殖漁業中小微企業或農民團體數位轉型輔導計畫(V)

林志遠¹、陳炤堅²、陳慧君¹

¹技術服務組、²農識國際股份有限公司

本計畫「養殖漁業中小微數位化工具應用轉型輔導計畫」自 2021 年啟動，旨在推動臺灣養殖產業的數位化、智慧化轉型及網路行銷，以強化養殖產業鏈的競爭力與永續發展。近年已完成「養殖漁業數位轉型之資訊與作業管理軟體」及「水產品數位轉型行銷工具軟體」兩項雲端軟體之開發與技轉，並上架至「雲市集－農業館」。歷年已成功輔導超過 500 案業者導入數位工具，並協助業者建立品牌網站與電商平台，累計銷售金額達數千萬元，有效擴展市場通路與品牌價值。2025 年計畫進一步延伸至生成式 AI 應用，建立水產養殖技術與管理的 RAG (Retrieval-Augmented Generation) 資料集與表單架構，作為未來水產養殖生成式 AI 應用之 RAG 建構的基礎資料來源，提供智慧化決策與即時諮詢服務。

本計畫在策略層面上採取「分階段、分對象、分層次」的輔導設計。除了辦理數位轉型分享活動，輔導具實際需求與意願之業者導入「雲市集－農業館」之外，另外，透過觀摩學習與示範場域參訪，協助業者建立對數位轉型的整體認知。

本計畫 2025 年執行成果包括：(1) 2025 年辦理 5 場次水產養殖數位轉型分享活動及 2 場次數位轉型實地觀摩學習活動 (圖 1)，參與人次達 333 人，計畫期間共辦理 18 場次推廣活動，合計參與人次達 1,568 人次。(2) 2025 年協助 3 處水產養殖業者應用農業部「農業數位工具客製開發輔導」計畫，客製開發數位應用做為數位服務示範場域。(3) 2021 - 2025 年共輔導 567 案導入「雲市集－農業館」數位工具項目，補助結束而持續付費使用之業者達 52%，顯示已成功深化數位工具使用習慣。(4) 輔導 4 家水產養殖業者建立品牌 (圖 2) 及電商行銷，累計營業額達 7,993 萬元。同時開發日本、以色列、馬來西亞等國際市場，累計國

際營業額達 6,940 萬元。(5) 輔導 4 家水產養殖業者建立契約養殖合作體系，提升契約養殖戶收益達 10 - 25%。(6) 首次以「知識轉譯 (Knowledge Translation)」與「生成式 AI (RAG)」為核心，提出水產養殖即時諮詢之學術應用模式，建立生成式 AI 應用於水產養殖之研究框架。另於歷年計畫期間累計發表國內外研討會及期刊論文達 12 篇，彰顯臺灣在水產養殖數位轉型應用領域的學術研究成果。



圖 1 辦理水產養殖數位轉型實地觀摩學習活動



圖 2 輔導通利水產成立「壹顆蜆」品牌及電商平台

AIoT蝦隻生產履歷與智慧化控制系統

楊明樺¹、陳盈達¹、包士容²、黃英哲²、吳豐成¹

¹東港養殖研究中心、²國立中山大學

在蝦隻養殖過程中，環境條件與蝦隻生理狀態的微小變化，往往影響養殖成敗。因此，為協助管理者更精確掌握養殖場即時狀況並有效應對，計畫團隊聚焦於建構即時數據監控機制與趨勢分析工具，以強化養殖場的數據透明度與風險管理能力。透過自動化報表系統與週期性趨勢分析，可即時反映養殖環境變化，並協助及早識別潛在風險，提升決策效率。

本研究於本中心建置 6 口 50 m² 水泥池之智慧化白蝦養殖實證場域，進行 155 天養殖試驗，並整合 AIoT 技術建立即時監控、趨勢分析與生產履歷系統 (圖 1)。養殖過程採漸進式換水、人工與自動投餌交替管理，全程記錄生長、活存、產量與 FCR 等指標，以評估養殖效益。結果顯示，各池末重為 23.5 – 35.0 g，活存率 44 – 70%，產量 2.1 – 2.8 kg/m²，FCR 為 1.22 – 1.58，皆屬經濟可行範圍。AIoT 系統方面，水下攝影設備於高濁度與長期浸水條件下仍能穩定運作，成功建立大量影像資料庫，供 AI 進行體長辨識、活動力分析與異常行為偵測。離水影像量測流程可快速取得體長與體重，降低人工誤差。另依 AI 影像量測

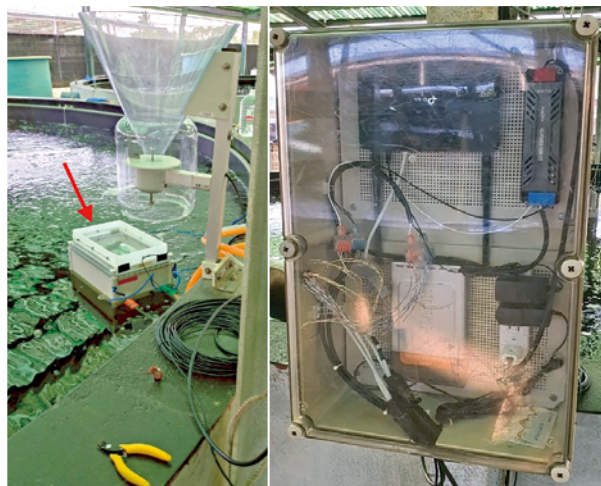


圖 1 養殖池架設之水下影像裝置與場域網路系統中樞

資料，完成每日自動更新體長之雲端趨勢報告，並以回溯 7 日短期移動平均 (MA7) 進行平滑化，建構成長曲線並避免噪訊干擾。每週執行趨勢分析，依不同成長階段曲線斜率對應成長因子，建立未來成長趨勢預測 (圖 2)；若斜率下滑，可能反應餌料、水質或健康異常。

整體 AIoT 管理介面整合即時資料、趨勢圖與異常提示，使養殖者能更精準掌握水質與蝦群狀態，提升風險管理能力。



圖 2 依據水下影像進行成長趨勢分析，可顯示 1 個月之體長數據及預測未來 1 個月之成長趨勢