

石首魚科魚類的仔稚魚培育技術回顧

邱沛盛、黃政軒、何信緯、朱永桐

水產試驗所海水養殖研究中心

前言

石首魚科 (Sciaenidae) 為全球海水養殖產值最高的魚類類群之一，在 2024 年的產量為 424,103.3 公噸，產值為 11.8 億美元 (FAO, 2026)。全球石首魚養殖產量幾乎全集中於三個主要物種 (佔 99.9%)：其中以中國養殖之大黃魚 (*Larimichthys crocea*) 為最大宗，產量 292,615.0 公噸，佔 69.0%；其次為美國、中國、以色列、模里西斯與馬約特等地養殖之眼斑擬石首魚 (紅鼓, *Sciaenops ocellatus*)，產量 68744.4 公噸，佔 16.2%；以及分布於埃及、西班牙、希臘、土耳其、克羅埃西亞、法國、沙烏地阿拉伯、義大利、突尼西亞、賽普勒斯、葡萄牙與阿爾及利亞等國養殖之大西洋銀身鰻 (*Argyrosomus regius*)，產量 62,460.7 公噸，佔 14.7%。其餘 0.1% (約 283.2 公噸) 則包括希臘與土耳其養殖之波紋短鬚石首魚 (*Umbrina cirrosa*)、韓國養殖之鮟 (*Micthys miiuy*)，以及模里西斯養殖之日本銀身鰻 (*A. japonicus*) (Chacón-Guzmán et al., 2024)。此外，鱗鰭犬牙石首魚 (*Cynoscion squamipinnis*)、雙棘原黃姑魚 (*Protonibea diacanthus*)、弓背石首魚 (*Sciaena umbra*) 與體型最大的麥氏托頭石首魚 (*Totoaba macdonaldi*) 亦為具發展潛力的重要物種。

在石首魚養殖中，仔稚魚培育是產業穩定發展的關鍵。穩定且高品質的魚苗供應，

影響後續存活率與成長，亦關係新物種商業化可行性。本文以案例回顧方式，整理全球主要養殖石首魚仔稚魚培育技術，包含水質條件與投餵方案。作為未來開發新興石首魚養殖物種之技術參考與依據。

全球養殖石首魚仔稚魚培育技術

一、大黃魚 (*Larimichthys crocea*)

仔稚魚培育在水質管理方面，水溫應穩定維持在 23 – 26 °C，鹽度 21 – 25 psu，pH 7.8 – 8.2。含氮廢物如總氨氮需低於 0.2 mg/L，且亞硝酸鹽低於 0.02 mg/L。每日換水率 50 – 200% (隨魚苗成長調整)。仔魚通常在受精後 24 小時內孵化，孵化後第 3 天卵黃囊消耗殆盡，需要開始攝食外源性餌料。在孵化後第 3 – 8 天，投餵滋養過的褶皺臂尾輪蟲 (*Brachionus plicatilis*)，密度 2 – 3 隻/ml，隨後於孵化後第 6 天逐漸引入豐年蝦 (*Artemia* spp.) 無節幼生投餵至孵化後第 12 天。孵化後第 10 – 19 天時，引入橈足類 (中華哲水蚤, *Calanus sinicus*)。孵化後第 17 – 20 天開始馴餌至人工微粒飼料 (圖 1)。人工飼料的粗蛋白約 45%，粒徑 150 – 250 μm。開始馴餌時，每日投餵頻率應有 7 次以達飽食，並隨時清除殘餌與糞便，以確保高存活率與理想的成長表現 (Liu et al., 2025; Zhang et al., 2023)。

二、眼斑擬石首魚 (*Sciaenops ocellatus*)

眼斑擬石首魚種魚產卵發生在黃昏前後，浮性受精卵會通過溢流口進入過濾箱(集卵槽)，受精率超過 99% (Colura et al., 1976)。產卵後的次日清晨將受精卵撈出，放入 100 – 200 粒受精卵至 180 – 200 L 的玻璃纖維水槽中，溫度 24℃，鹽度 28 psu。受精卵約在 19 – 20 小時內孵化，孵化率為 94 – 99%。孵化後仔魚立即轉移到 60 – 70 L 的育苗水槽中，放養密度為 1 – 7 尾/L (Arnold et al., 1976)。仔魚孵化後第 3 天開始餵食褶皺臂尾輪蟲；孵化後第 6 天開始投餵豐年蝦無節幼生；孵化後第 15 天投餵切碎的蝦肉培育至孵化後第 30 天 (圖 2)。孵化後第 30 天的活存率為 3 – 30%，主要死亡原因似乎是前 6 天的餌料生物供應不足。如果在室外，有天然餌料生物與藻水的魚塭育苗，活存率可提升至 12 – 65%。培育至 6 個月時體重約 190 g，體長 250 mm；至 19 個月時，體重增加至 1,840 g，體長 523 mm (Colura et al., 1976)。

三、大西洋銀身鯨 (*Argyrosomus regius*)

育苗開始前，將約 100,000 顆受精卵放入 40 公噸的圓形水槽中。培育海水溫度 19 – 23℃，鹽度 32 psu，光照週期最長可達 24 小時全光照，或使用自然光照。水面光照強度為 1,000 – 5,000 lux。每日換水率自孵化後第 1 天 20%，隨日齡推進逐步提高，最高換水率為 400%。溶氧飽和度維持在 90 – 95%。自孵化後第 4 – 15 天，在水面設置表層除沫器，用來移除水面的油膜，以利仔魚初次魚鰾充氣 (開鰾)。投餵方案：孵化後第 2 – 27 天，在育苗水體中添

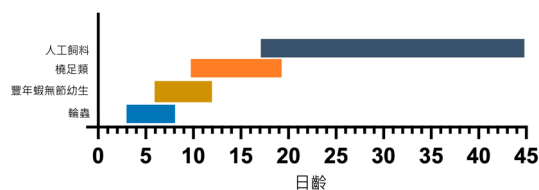


圖 1 大黃魚仔稚魚培育方案

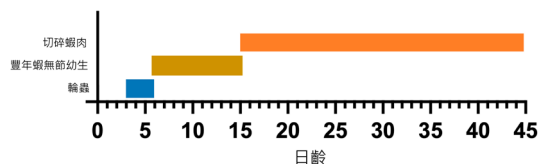


圖 2 眼斑擬石首魚仔稚魚培育方案

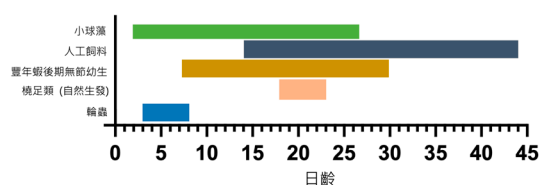


圖 3 大西洋銀身鯨仔稚魚培育方案 (餌料生物橈足類為培育水槽中自然生發，非人為投入)

加小球藻 (*Chlorella minutissima*)，並依序投餵褶皺臂尾輪蟲、豐年蝦與人工飼料。輪蟲以 DHA Protein Selco (INVE S. A., Belgium) 滋養，孵化後第 3 – 8 天投餵，密度 2 – 3 隻/ml。豐年蝦後期無節幼生 (metanauplii) 以 A1 DHA Selco 滋養，孵化後第 7 – 30 天投餵，密度 0.04 – 0.35 隻/ml。孵化後第 14 – 44 天，逐步馴餌、轉換為人工飼料，並藉由自動餵食器投餵，設定每 15 分鐘啟動 1 次，每次運轉 2 秒。在飼養水槽中有自然生成的 Harpacticoidae 與 Tisbidae 科橈足類，於孵化後第 18 – 23 天逐步增加，密度為 0.01 – 0.08 隻/ml，可提供仔稚魚攝食 (Papadakis et al., 2018) (圖 3)。

四、波紋短鬚石首魚 (*Umbrina cirrosa*)

波紋短鬚石首魚的受精卵在水溫 22.5 – 23.0℃ 條件下培育 25 – 26 小時後

孵化。仔稚魚培育放養密度 100 尾/L，飼養在 4,000 L 的圓錐形水槽。仔魚培育初期，水溫維持在 22℃，鹽度 30 psu，pH 為 7.5 – 8，溶氧為 7.5 – 8.0 mg/L，氮氮控制在 0.2 mg/L 以下。換水率在首次投餵餌料生物前為每日 10%，使用微藻期間為 5%，孵化後第 15 天起調整為 15%。照明設置於水槽水面上方 1 m 處，水面光照強度為 30 – 240 lux。育苗期間光照週期的調整，在投放受精卵至孵化後第 3 天，燈光保持關閉 (0L:24D)；使用微藻期間採 24 小時全光照 (24L:0D)；改投微粒飼料後，改 16 小時光照、8 小時黑暗 (16L:8D)。仔魚在孵化後第 3 天投餵小球藻 (*Chlorella* sp.)，微藻濃度為 150,000 – 200,000 cells/L。投餵圓形臂尾輪蟲 (*B. rotundiformis*)，密度 10 – 12 隻/ml。孵化後第 7 天投餵豐年蝦無節幼生，投餵密度 0.5 – 1.0 隻/ml；孵化後第 11 天投餵豐年蝦後期無節幼生；孵化後第 14 天開始馴餌人工飼料。此時，混合豐年蝦與粒徑為 75 μ m 的微粒飼料；孵化後第 21 天投餵豐年蝦加上粒徑 75 μ m 與 150 μ m 的微粒飼料 (圖 4)。商業微粒飼料的營養成分如下：蛋白質 59%、脂肪 14%、灰分 8%、水分 7%、維生素 A 23,000 IU/kg、維生素 D3 2,800 IU/kg、維生素 E 400 mg/kg、銅 18 mg/kg (Karacaoğlu et al., 2023)。

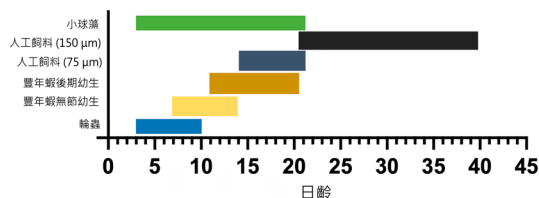


圖 4 波紋短鬚石首魚仔稚魚培育方案 (此方案中的人工飼料有兩種不同粒徑，分別在不同日齡投入)

五、鮡 (*Miichthys miiuy*)

鮡的仔稚魚培育技術參考 Shan et al. (2009, 2014) 的研究。種魚在約 24℃、自然光週期條件下自然產卵，受精後 6 小時內以設置於水槽旁的集卵槽中收集受精卵。受精卵密度約 800 粒/L 移入 500 L 圓錐形孵化桶。孵化期間控制水溫，維持在 24℃，光照週期 12L:12D (約 06:00 – 18:00 照明)，水面光照強度約 800 – 1000 lux。缸內以氣石進行曝氣，需調整為氣泡細小、流量低的狀態，既維持溶氧飽和，又避免擾動受精卵與仔魚。當超過 90% 的受精卵孵化後，剛孵化仔魚再以 0.5 L 燒杯轉移至育苗水槽。育苗水槽鹽度為 26 $\pm$ 1.5 psu，光照條件與孵化水槽一致，水溫控制在 24℃，換水率約 1 L/min，同時維持水面無油膜以利魚鰾順利初次充氣。自仔魚孵化後第 3 天起，開始投餵圓形臂尾輪蟲，密度約 10 隻/ml，投餵至孵化後第 9 天。輪蟲需要先以微藻 (*Nannochloropsis oculata*) 及市售滋養液滋養 12 小時才投餵。全程於培育水體中添加微藻，密度約 5 $\times$ 10⁴ cells/ml。孵化後第 8 天起，投餵滋養後的豐年蝦無節幼生，至孵化後第 15 天，密度 2 – 5 隻/ml。此外，孵化後第 14 – 26 天則提供由沿岸海域採集之橈足類補充仔魚營養。孵化後第 24 – 36 天，導入顆粒徑約 1.0 – 1.5 mm 的人工飼料，以每日 30 – 60 mg/L 的投餵量逐步增加，完成馴餌 (圖 5)。

六、日本銀身鰻 (*Argyrosomus japonicus*)

日本銀身鰻需要透過激素誘導產卵，成熟雌雄種魚注射 LHRH 類似物 70 μ g/kg BW 誘導產卵。受精卵自產卵槽收集後，以 1,000

粒/L的密度放入孵化槽，溫度設定為 $22.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，歷經約 24 小時孵化。孵化後的仔魚轉移至 1,000 L 的培育水槽中，放養密度 25 尾/L。培育期間平均水溫為 $21.1 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ ，溶氧維持在 $7.3 \pm 0.9 \text{ mg/L}$ ，pH 8.0，總氮濃度不超過 1 mg/L。水槽中央設置氣石以製造水流，幫助微藻與餌料生物均勻分布。孵化後第 3 – 12 天，投餵滋養後的褶皺臂尾輪蟲，密度 10 – 20 隻/ml。每日添加微藻 (*N. oculata*) 作為輪蟲食物來源並提高水體濁度。孵化後第 10 – 18 天期間，投餵豐年蝦無節幼生，密度 1 – 2 隻/ml；孵化後第 18 – 22 天則改投餵豐年蝦後期無節幼生。之後，馴餌人工飼料 (Larviva Start，飼料粒徑 100 – 150 μm ，粗蛋白 72%、粗脂肪 8%) (Musson and Kaiser, 2014) (圖 6)。

七、鱗鰭犬牙石首魚 (*Cynoscion squamipinnis*)

魚苗培育水槽溫度為 $27.11 \pm 0.72^{\circ}\text{C}$ ，鹽度為 $33.52 \pm 0.79 \text{ psu}$ ，溶氧量為 $5.40 \pm 0.50 \text{ mg/L}$ 。使用 1 公噸圓柱形水槽培育仔稚魚，水槽上方搭設 80% 的遮光網。孵化後第 1 – 7 天在水槽中投入等鞭金藻，密度維持 $6 \times 10^6 \text{ cells/ml}$ ；孵化後第 3 – 10 天投餵褶皺臂尾輪蟲，密度 20 隻/ml；孵化後第 11 天，投餵豐年蝦無節幼生 (密度 10 隻/ml)，直至孵化後第 22 天。接下來投餵豐年蝦成蟲 (密度 5 隻/ml)，直至孵化後第 30 天；孵化後第 25 天投餵生鮮魚肉 (圖 7)。馴餌的方法是將人工飼料 (20%) 與生鮮魚肉 (80%) 混合投餵，每天減少魚肉比例、增加人工飼料量，至稚魚完全接受人工飼料。每天通過虹吸法清理育苗水槽底部，並換水 20% (Olivares

and Boza, 1999; Boza-Abarca et al., 2016)。

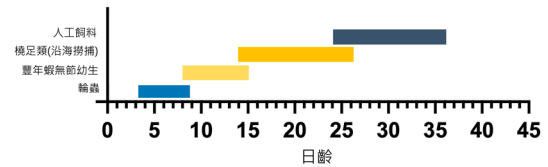


圖 5 鮫仔稚魚培育方案

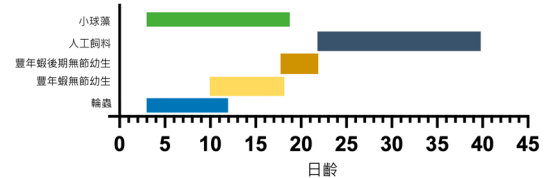


圖 6 日本銀身鰻仔稚魚培育方案

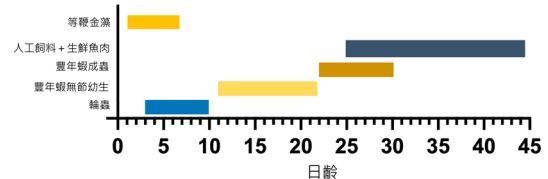


圖 7 鱗鰭犬牙石首魚仔稚魚培育方案

八、雙棘原黃姑魚 (*Protonibea diacanthus*)

雙棘原黃姑魚也需要注射激素誘導產卵，以 LHRH 類似物 50 $\mu\text{g/kg BW}$ 注射雌雄種魚，種魚通常在注射後 25 – 28 小時產卵。種魚培育水槽在溢流口安裝網目為 250 μm 的收集網，受精卵在神經胚期被收集並以臭氧進行洗卵 (0.73 – 0.85 CT; Schipp et al., 2007)，之後轉移至 1,000 L 的孵化槽中，放養密度最高為 2 粒/ml。在臭氧洗卵時，「CT 值」表示處理強度，為臭氧濃度 (mg/L) 乘上作用時間 (分鐘)。實務上，CT 控制在 0.73 – 0.85 之間，對雙棘原黃姑魚受精卵較安全，超過這個值就有可能增加畸形率並降低孵化率。

孵化槽水溫 30℃、鹽度 32 – 35 psu。孵化後仔魚移至 3,500 L 的育苗系統中 (Schippe et al., 2007)。育苗槽內配備以 PVC 製成的表面集油裝置，用以移除水面油膜並利於魚鰓充氣 (Schippe et al., 2007)。自孵化後第 8 天起，每日以虹吸方式清除育苗槽底部污物。仔魚全程在 30 – 40 lux 的光照強度下飼養，光週期為 12L:12D。輪蟲 (*Brachionus* sp.) 為首次攝食階段的餌料生物，在放養仔魚後以 10 隻 /ml 的密度添加至育苗槽，之後維持在 5 – 30 隻 /ml 直至孵化後第 20 天。濃縮等鞭金藻膏 (Iso 1800) 與海洋擬球藻膏 (Nanno 3600) 以體積比 2:1 混合添加至育苗槽中營造綠水環境，使整體藻細胞濃度維持在約 $1 - 2 \times 10^6$ cells/ml。豐年蝦與微粒飼料 (Otohime, Marubeni Nisshin Feed Co. Ltd., Japan) 於孵化後第 10 – 18 天投餵，密度 0.5 – 4.5 隻 /ml，微粒飼料採自由攝食方式，全天以少量多餐方式投餵，並隨仔魚成長逐漸增加投餵量 (Taylor et al., 2024) (圖 8)。

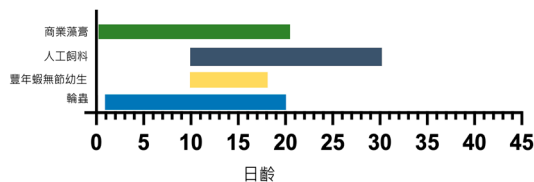


圖 8 雙棘原黃姑魚仔稚魚培育方案

九、弓背石首魚 (*Sciaena umbra*)

弓背石首魚在人工環境中自然產卵，其受精卵需在完全黑暗的環境下孵化，放置在 2 個 200 L 的黑色圓錐形水槽中，水槽連接到一個開放式循環系統，每天系統的換水率為 10 – 15%，初始放卵密度為 170 粒 /L。等待孵化期間，水溫保持 $18.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，溶氧飽和度需大於 80%，鹽度 38 psu，pH 為

7.1 ± 0.2 ，氨氮濃度低於 0.05 mg/L。孵化後仔魚轉移到 2 個 200 L 黑色圓錐形水槽中，養殖密度為 150 尾 /L，在育苗期間水槽連接到一個半封閉的循環系統，並供應 10 – 50% 的過濾海水。水溫保持在 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ，溶氧飽和度 65 – 95%，鹽度 38 psu，pH 7.1 ± 0.2 ，氨氮濃度低於 0.05 mg/L。光照強度 30 lux，光照週期 10L:14D。孵化後第 4 – 40 天投餵人工微粒飼料，隨著魚體成長更換粒徑較大的飼料 (Gemma micro 75、150 及 300，粒徑分別為 50 – 100 μm 、100 – 200 μm 及 200 – 500 μm ；Gemma wean 0.3、05，粒徑分別為 350 – 500 μm 、500 – 800 μm ，SKRETTING)。孵化後第 7 – 20 天投餵豐年蝦無節幼生，孵化後第 18 – 30 天投餵經過滋養的豐年蝦後期無節幼生 (Millot et al., 2023) (圖 9)。

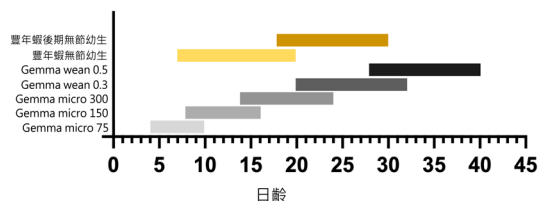


圖 9 弓背石首魚仔稚魚培育方案 (本投餵方案中大量使用不同尺寸的人工微粒飼料)

十、麥氏托頭石首魚 (*Totoaba macdonaldi*)

種魚產卵後，將受精卵移至 2,000 L 的圓錐形水槽，水溫設定 24°C ，放卵密度 100 粒 /L。這些水槽連接到一個循環系統，水流速率為 1.5 – 2.0 L/min，通過生物過濾床、紫外線 (UV) 殺菌燈和蛋白質除沫器，而受精卵大約在受精後 20 小時孵化。孵化後的卵黃囊仔魚轉移至 100 L 的育苗水槽中，放

養密度 100 尾 /L。水溫 24°C、鹽度 34 psu、溶氧量 6 mg/L。根據 Galaviz 等 (2015) 報告，仔魚在孵化後第 3 – 4 天投餵餌料生物，首先是滋養過的褶皺臂尾輪蟲，投餵密度 5 隻 /ml。至孵化後第 10 天投餵豐年蝦無節幼生，密度 0.6 隻 /ml。孵化後第 12 – 16 天，投餵豐年蝦後期無節幼生，密度 5 隻 /ml。孵化後 27 – 30 天，逐漸減少餌料生物的數量，開始馴餌。馴餌時先混合投餵豐年蝦後期無節幼生以及人工微粒飼料 (Otohime，蛋白質 52.1%，脂肪 16.3%，灰分 11.2%，粒徑 200 – 1410 μm)。至 34 天完成馴餌，之後不再提供餌料生物 (Galaviz et al., 2015) (圖 10)。

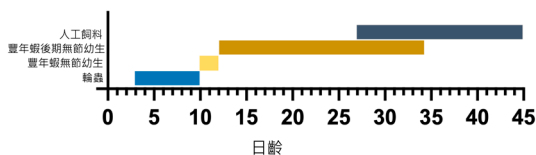


圖 10 麥氏托頭石首魚仔稚魚培育方案

總結

綜合上述各種石首魚魚苗培育方案可見，儘管石首魚科魚類在地理分布、體形與生態習性上具有差異，其仔稚魚培育技術卻呈現出高度一致的架構。整體而言，多數物種之育苗水溫集中於 22 – 26°C，少數物種如弓背石首魚可耐較低溫 (約 18 – 20°C)，而雙棘原黃姑魚則可耐高溫 30°C，顯示石首魚魚苗培育之水溫條件仍需依物種特性微調。各物種對水質中含氮廢物極為敏感，總氮多須控制在 0.2 mg/L 以下，部分物種甚至低於 0.05 mg/L；溶氧通常維持在飽和度 80% 以上或溶氧量 6 – 8 mg/L。幾乎所有成功案例皆採用「綠水養殖」系統，透過添

加小球藻、海洋擬球藻或等鞭金藻等微藻，除提供輪蟲營養來源外，亦能穩定水質、增加水體濁度、改善仔魚視覺捕食效率並降低緊迫反應，顯示綠水養殖模式為石首魚育苗之必要技術。

另一方面，魚鰾初次充氣 (開鰾) 為多數石首魚魚苗之關鍵生理轉折期，相關研究普遍強調移除水面油膜、設置表層除沫器、控制水流強度與光照條件，暗示了開鰾失敗將造成石首魚魚苗大規模的死亡，而新物種開發時應優先建立提升開鰾率之技術與開鰾率評估機制。餌料生物投餵方案方面，各物種大致遵循輪蟲→豐年蝦無節幼生→豐年蝦後期無節幼生→人工微粒飼料之序列，差異僅在於開始日齡與投餵密度；其中輪蟲多須經 DHA 滋養後方可投餵，反映初期必需脂肪酸對魚苗存活率之決定性影響。人工飼料導入時間多集中於孵化後第 14 – 30 天，孵化後第 30 – 40 天內完成馴餌；若能提早成功馴餌人工飼料，則有助於提升產業化與量產可行性。物種間的技術差異則主要表現在光照管理策略與人工飼料引入時程，例如弓背石首魚需於完全黑暗下孵化且可於早期仔魚階段導入微粒飼料，波紋短鬚石首魚則採分階段光週期調控。

整體而言，石首魚仔稚魚高死亡風險集中於三個關鍵階段：初次攝食期 (孵化後第 3 – 5 天)、開鰾期 (約孵化後第 4 – 15 天) 及馴餌期 (孵化後第 14 – 30 天)。因此，未來新興石首魚養殖物種之開發，應優先建立環境水質條件之耐受閾值、初期餌料生物需求及開鰾成功率控制技術，方能有效提高魚苗量產穩定度與產業化潛力。