

全球石首魚的養殖技術發展與產業概況

邱沛盛¹、吳允暉²、黃政軒¹、何信緯¹、朱永桐¹、許晉榮¹

¹ 水產試驗所海水養殖研究中心、² 海洋漁業組

全球養殖石首魚簡介

根據聯合國糧食及農業組織 (FAO, 2023) 的資料，全世界主要養殖的石首魚有大黃魚 (*Larimichthys crocea*)、眼斑擬石首魚 (俗稱紅鼓, *Sciaenops ocellatus*)、大西洋銀身鰺 (*Argyrosomus regius*)、波紋短鬚石首魚 (*Umbrina cirrose*)、日本銀身鰺 (俗稱日本鰺, *Argyrosomus japonicus*) 和鰺 (*Miichthys miiuy*)。這六種石首魚類能夠成為水產養殖對象，主要歸因於具有較高的環境耐受度、成長速度快、飼料轉換率佳及市場價值高。其中大黃魚、紅鼓及大西洋銀身鰺三種石首魚在 2021 年的產量總共有 367,318 公噸，佔全球石首魚總養殖產量的 99.9%。大黃魚主要在中國沿海生產，紅鼓則在太平洋、大西洋、印度洋區的多個國家以及地中海和紅海區域養殖，大西洋銀身鰺屬於地中海和黑海、東大西洋及西印度洋國家的養殖物種。

在 1950 年前石首魚的全球產量主要來自漁業捕撈，並在 2012 年達到高峰 1,940,285 公噸，但是在 2021 年卻降至 1,414,463 公噸 (FAO, 2023)。究其原因，包括河口地區的污染、河流流量減少、氣候變遷、過度捕撈及魚鰾的非法交易，此外由於石首魚在求偶時產生的聲音使得漁船易於定位這些魚隻，導致許多石首魚在產卵前即被捕獲 (Sadovy and Cheung, 2003; Fernández Carvajal, 2013;

Moreno-Díaz and Alfaro, 2018; Bolgan et al., 2020)。與漁業捕撈量下降相比，石首魚的水產養殖產量反而增加，在 2021 年的產量為 367,578 公噸，產值為 9.39 億美元 (FAO, 2023)，相信未來其水產養殖的產量仍會持續成長。

石首魚為多次產卵和雌雄異體的魚類 (Barbaro et al., 1996; Stipa and Angelini, 2009; Grier, 2012; Gao et al., 2019)，牠們的生殖季節通常在春、夏季，產卵水域位於河口或沿岸半鹹水域 (Su et al., 2004; Stipa and Angelini, 2009; Cárdenas, 2012; Grier, 2012)。根據物種的不同，一般在 2 — 6 齡時達到性成熟，平均約 3 齡達到性成熟。體型較小的大黃魚則可在 2 年內性成熟，這對人工繁殖來說是一個優勢。食性方面，石首魚為肉食性魚類，魚苗階段傾向攝食甲殼類和無脊椎動物，成魚階段主要以小型魚類為食。

過去本所已成功將日本銀身鰺的種苗生產技術授權至民間養殖業者，近年來，更持續投入那些過去無法養殖、僅能依賴捕撈漁業的物種如黑鰺 (*Atrorubra nibe*)、黃金鰭鰺 (*Chrysochir aureus*) 的繁養殖技術研究，逐步建立臺灣本土種石首魚的種苗生產技術，除了可提供海域放流外，也可推廣到民間進行養殖。然而，這些新興石首魚種類在過去因為缺乏水產養殖的記錄與參考文獻，導致許多關鍵技術不明，現階段仍須參照其他石首魚類的養



殖方法再稍作調整。有鑑於此，本文回顧全球多種石首魚的養殖技術發展與產業概況，提供做為開發新興石首魚養殖技術與推廣時的參考資料。

一、大黃魚

大黃魚分布於西北太平洋，從越南中部至韓國南部及日本，包括黃海與東中國海 (Froese and Pauly, 2024)。其養殖主要限於東亞沿海水域，尤其是中國 (Liu and De Mitcheson, 2008)。統計數據顯示，在 2018 – 2021 年期間，大黃魚產量增加了 22.1%，年均增長 5.5% (FAO, 2023)。人工授精技術與魚苗培育首次於 1985 年在中國東南部的福建省進行。自 2000 年以來，全中國共建置了 500 個孵化場，每年生產約 15 億尾魚苗，其中僅福建省就有 430 個孵化場，每年可生產 13 億尾魚苗 (Chen et al., 2018)。大黃魚的養殖始於 1995 年，當時是使用小規模的浮式箱網養殖，時至今日，海上箱網養殖成為最大宗的養殖系統，有 95% 的大黃魚產量都來自於箱網養殖 (圖 1)。截至 2013 年，中國約有 42 萬個海上箱網養殖大黃魚，陸上魚塢生產的比例則相對較低 (Chen et al., 2018)。近年來，因為沿海空間有限及疾病爆發，養殖規模發展受到限制，導致有些研究人員開始探討循環水養殖系統養殖大黃魚的可行性 (Li et al., 2012)，不過迄今為止箱網養殖仍然是主流 (Wang et al., 2017)。

大黃魚在 20 – 28°C 的水溫下，第 1 年可成長至 300 g (Liu, 2013)，主要飼料為下雜魚 (Chen et al., 2018)。儘管下雜魚在食品安全、品質、營養標準化及環境影響方面有諸多顧慮，但是因為餵食下雜魚的魚隻比餵食人工飼料的魚隻生長速度更快，導致大部分的養殖者仍然



圖 1 大黃魚

偏好投餵下雜魚。Sun 等 (2013) 的研究指出大黃魚稚魚的粗蛋白需求為 45 – 50%，粗脂肪需求為 12%。因此，箱網養殖業者通常使用含有至少 49.0% 粗蛋白及 5.0% 粗脂肪的商業飼料 (Chen et al., 2020)。

大黃魚是中國需求量最大的水產品之一，與小黃魚 (*Larimichthys polyactis*)、白帶魚 (*Trichiurus lepturus*) 及曼氏無針烏賊 (*Sepiella maindroni*) 並列。這些需求量大物種以生鮮、鹽漬、醃製、乾燥品或冷凍的形式在傳統市場與超市銷售，每公斤約新臺幣 200 元。由於養殖大黃魚體型過小，無法提供市場所需的魚鰾，因此其魚鰾並不會進入市場。除了供應中國本地市場外，大黃魚也是中國主要出口的水產品，年出口值超過 1 億美元 (Chen et al., 2018)。

二、眼斑擬石首魚（紅鼓）

紅鼓分布於西大西洋，從美國麻薩諸塞州 (Massachusetts) 到墨西哥北部，包括美國佛羅里達州 (Florida) 南部 (Robins and Ray, 1986)。紅鼓的養殖始於 1970 年代的美國，當時在德州 (Texas)、佛羅里達州、路易斯安那州 (Louisiana) 和阿拉巴馬州 (Alabama) 進行養殖，因其高環境耐受度、成長速度快而被許

多國家引入作為水產養殖物種，包括中國、以色列、墨西哥、厄瓜多爾、臺灣、新加坡、阿聯酋、馬丁尼克、模里西斯和馬約特 (Diamant, 1998; Jirsa et al., 1997; Turano et al., 2002; Jiménez et al., 2005; Cárdenas, 2012; Rossi et al., 2015; González-Félix et al., 2018; Chary et al., 2019; Wang et al., 2020)。本所在 1987 年由美國德州引進紅鼓受精卵試養，並已成功在臺灣自然產卵，隨後也進行了多項生物學、養殖學 (廖，1994；張，1996；Liao and Chang, 2001, 2002) 及好發疾病探討研究 (張，1996) (圖 2)。



圖 2 紅鼓

中國是全球最大的紅鼓生產國，於 1991 年自美國引入稚魚 (8 mm 大小) 進行養殖。接著從 1996 年開始，紅鼓的養殖就在中國沿海地區的陸上魚塢及海上箱網中擴展 (Chen and Zhang, 2012)。海南島是主要的紅鼓養殖地區，海南島年均水溫為 19 – 30°C，較中國北部溫暖，非常適合紅鼓養殖。然而，因為紅鼓適應力極強，導致從養殖環境中逃逸的個體已經在野外環境建立族群 (Zhao et al., 2006)，對原生魚類造成一定程度的威脅。

紅鼓在 18 – 25°C 的水溫下，第 1 年可長至 500 – 1000 g (Yang, 1999; Lu, 2003)，其養殖相關的研究主要集中營養與飼料開發 (Serrano et al., 1992; Jia et al., 2006; Castillo and

Gatlin, 2018; Burns and Gatlin, 2019; Casu et al., 2019)。飼料中的蛋白質含量在 35 – 50%，脂質含量在 7 – 11% (Lin and Arnold, 1983; Serrano et al., 1992; Thoman et al., 1999; Gatlin, 2002)。紅鼓以全魚、魚排或生魚片形式出售 (Hong et al., 2021)，有生鮮或冷凍品，在中國市場上每公斤約 3 – 5 美元，魚鰾不上市。在美國，紅鼓以全魚及魚排的形式在海鮮批發市場出售，全魚去除內臟後每公斤 4.32 – 7.41 美元，批發市場上的魚排每公斤 10 美元 (Lazo et al., 2010)。在德州，養殖的紅鼓稚魚也作為運動遊釣的釣餌出售，每公斤 6.00 – 6.65 美元 (Ropicki and Fuiman, 2020)。

三、大西洋銀身鯨

大西洋銀身鯨分布於東大西洋，從挪威延伸至剛果，並包括黑海和地中海，該物種還通過蘇伊士運河擴散至紅海 (Froese and Pauly, 2024) (圖 3)。大西洋銀身鯨是歐洲和非洲最主要養殖石首魚，並在地中海的水產養殖中具有巨大的增長潛力。最早在 1997 年於法國首次成功繁殖 (Quémener, 2002)，當時只有一家孵化場，年產量低於 1,000 公噸，主要供應法國和義大利市場 (De La Pomélie and Paquotte, 2000)。自 2005 年以來，隨著大西洋銀身鯨養殖技術的突破與推廣，產量迅速增加，突破的關鍵包含產卵誘導方法和魚苗培育技術 (Duncan et al., 2012; Duncan et al., 2013; Mylonas et al., 2013)。在 2018 – 2020 年間，產量增長了 37.2%，年均增長 9.3%，但 2021 年與 2020 年相比減少了 19.0%，這可能是由於新冠肺炎疫情所致 (FAO, 2023)。

大西洋銀身鯨可以在海上箱網中養殖，而

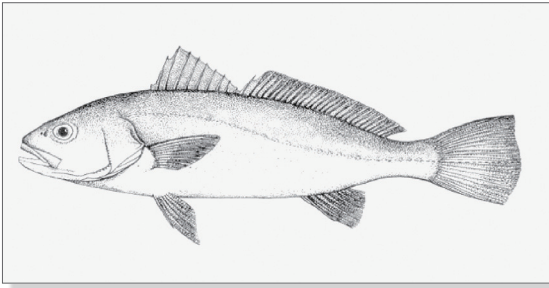


圖 3 大西洋銀身鯢 (Schneider, 1990) (圖片出處 <https://www.fishbase.se/photos/PicturesSummary.php?resultPage=7&ID=418&what=species>)

埃及、葡萄牙和西班牙的部分養殖則在陸上魚塢中進行 (Zied and Hassouna, 2007; Soares et al., 2015; Vargas-Chacoff et al., 2014)。在 14 – 26°C 的水溫下，大西洋銀身鯢在第 1 年可長至 1.1 kg (Duncan et al., 2013)。養殖過程中使用含約 43% 蛋白質和 15 – 20% 脂質的商業飼料可成功培育 (Fountoulaki et al., 2017)，而稚魚的蛋白質需求接近 50% (Chatzifotis et al., 2012)。

大西洋銀身鯢的市場銷售為 1 – 2 kg 或更大個體。最初進入法國、義大利和葡萄牙市場，隨著各種產品如全魚、魚排和煙燻產品等推出使得市場逐漸擴展，每公斤達到 7.14 – 14.28 美元 (Duncan et al., 2013)。

四、波紋短鬚石首魚

波紋短鬚石首魚 (圖 4) 分布於東大西洋，從比斯開灣 (Bay of Biscay) 延伸至塞內加爾，並包括地中海和黑海 (Barbaro et al., 1996)。起初，研究人員先從收集野外波紋短鬚石首魚的稚魚，然後逐漸培育成種魚來進行繁殖培育 (Mylonas et al., 2000)。該魚種在地中海國家的水產養殖生產始於 1990 年代末到 2000 年代初，在義大利首次嘗試使用荷爾蒙誘導技術進行人工催熟 (Melotti et al., 1995; Barbaro

et al., 1996, 2002)，隨後塞浦路斯 (Mylonas et al., 2000)、希臘 (Mylonas et al., 2004) 及西班牙 (Arizcun et al., 2009) 也幾乎是同步進行波紋短鬚石首魚的養殖研究。由於其底棲習性，所以並不適合在海上箱網養殖，因此通常在陸上養殖池中培養 (Henry and Fountoulaki, 2014; Grigorakis et al., 2016; Koumoundouros et al., 2005)。

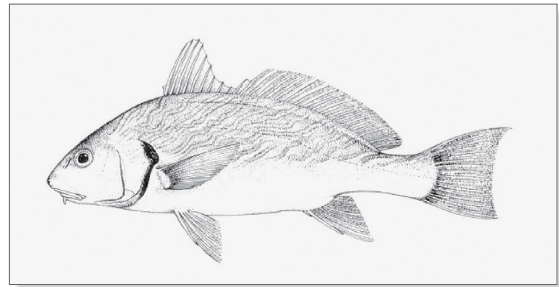


圖 4 波紋短鬚石首魚 (Schneider, 1990) (圖片出處 <https://www.fishbase.se/photos/PicturesSummary.php?resultPage=2&ID=1306&what=species>)

波紋短鬚石首魚在 2011 年達到最高產量 1,057 公噸 (FAO, 2023)，但在 2018 – 2021 年間卻減少了 42.0%，年均減少 10.5% (FAO, 2023)。這種顯著的產量下降可能與波紋短鬚石首魚對神經病毒的高感受性有關，該病毒是造成嚴重死亡的病原體之一 (Katharios and Tsigenopoulos, 2010; Chaves-Pozo et al., 2021)。因為病毒的肆虐，有許多人改養適應性較強的大西洋銀身鯢。

波紋短鬚石首魚 2 年內可增長到 650 g (Mylonas et al., 2004)。在 19 – 30°C 的水溫下，60 g 的稚魚在 4.5 公噸的水槽中培養 4 個月後可成長至 375.6 g (Segato et al., 2005)。波紋短鬚石首魚可以商業飼料養殖，根據過去的研究，對稚魚的粗蛋白需求大於 47%，建議粗脂肪含量低於 10% (Kokou et al., 2019)。

該物種在整個地中海地區的市場價值很高

(Chaves-Pozo et al., 2019)，在土耳其的每公斤 10 美元 (Aydin, 2020)，與大西洋銀身鯨一樣，其魚鰾沒有商業價值。

五、日本銀身鯨

日本銀身鯨 (圖 5) 廣泛分布於印度洋和太平洋，範圍從非洲東南海岸延伸至巴基斯坦、中國、臺灣、南韓及日本以及整個澳洲沿海 (Trewavas, 1977; Kailola et al., 1993; Griffiths and Heemstra, 1995)。被認為是澳洲和南非的海水養殖的潛力物種 (Kaiser et al., 2011)。日本銀身鯨最早在 1992 年的澳洲進行養殖 (Jiménez et al., 2005)，借鏡了澳洲鱸 (*Macquaria novemaculeata*) 和赤鯛 (*Pagrus auratus*) 的集約化飼養技術 (Fielder and Bardsley, 1999)。種魚繁殖與魚苗成功生產使其既能提供食用市場也能用於放流增加野外族群 (Fielder and Bardsley, 1999; Taylor et al., 2005; Hayward et al., 2007)。全球產量在 2014 年達到頂峰，2018 — 2021 年產量增加 4.2%，年均增長率為 1.0% (FAO, 2023)。

日本銀身鯨在箱網養殖中成長表現良好，經過約 2 年的養殖，魚苗在 19 — 28°C 的水溫下可成長至 1 — 1.5 kg。2 個月齡的稚魚，可投餵含 50% 粗蛋白和 10% 粗脂肪的飼料，2 個月齡後、較大稚魚則投餵含 44% 粗蛋白和 11% 粗脂肪的飼料 (Viljoen, 2019)。

日本銀身鯨肉質佳，在南非市場有很高的需求，每公斤 3.8 — 5.6 美元 (Collett, 2007; Viljoen, 2019)，但魚鰾市場需求則沒有數據。雖然日本銀身鯨的種苗生產起步很早，但有關該魚種的養殖技術卻仍不成熟，目前相當依賴野外捕獲的種魚，缺乏人工培育的種魚，魚苗的產量也不高 (Mirimin and Roodt-Wilding,



圖 5 日本銀身鯨

2015)，可能與育苗過程中魚苗殘食率較高有關 (Chiu et al., 2018)。

六、鮨

鮨 (圖 6) 分布於西北太平洋，包括中國東部、韓國西海岸和日本海西部 (Froese and Pauly, 2024)，其棲息於泥沙混合的沿海水域 (Chan et al., 1974)。在 1990 年代末期，中國福建、浙江和廣東沿海地區開始進行鮨的人工繁殖試驗。早期的人工繁殖種魚是從野外捕撈，重量約 2 kg 以上 (Lou, 2004)。韓國在 2006 年已開發出鮨的完全養殖技術 (An et al., 2012)。在箱網養殖中的成長表現較好，在 10.5 — 30°C 的水溫下經過 18 個月的養殖，魚苗平均可成長至 3 kg (Wang, 2008)。

鮨同樣屬於肉食性魚類，因此飼料中粗蛋白至少需要 48.5%，粗脂肪需要 5.1% (Song et al., 2006)。大多數鮨在市場上以冷藏和冷凍產品的形式出售。最有價值的產品是魚鰾，每



圖 6 鮨



公斤超過 1,000 美元，傳統中醫認為鮠的魚鰾對人類健康有益 (Tang, 1987)，也在傳統飲食中入菜（如佛跳牆中的花膠）。

■ 養殖技術發展

如果要發展新興石首魚的繁養殖技術，研究人員可參考三種目前產量最高的石首魚—紅鼓、大西洋銀身鰾及大黃魚的養殖技術再進行調整與修正。這三種魚可分別代表大型（紅鼓、大西洋銀身鰾）及小型（大黃魚）石首魚，研究人員可針對想要開發的石首魚參考與之對應的繁殖技術（如種魚培育水槽大小、性成熟體型、催熟劑量、魚苗餌料生物等），而這三種石首魚在不同地區的產業化也相當成功，因此當一種新開發的石首魚種要進行推廣時，也可參考相應的市場概況。

■ 種魚選擇與培育

選擇適合繁殖的體型有助於確保種魚更高的繁殖力 (Arnold, 1991; Ma et al., 2005; Fakriadis et al., 2020)。大黃魚屬於小型石首魚，體重達 1 — 2 kg 即可成為繁殖用種魚，而紅鼓及大西洋銀身鰾則至少需大於 6 kg。針對大體型及小體型的石首魚，種魚繁殖池通常使用水量大於 10 m³ 且水深超過 1 m 的水槽，而使用至少 50 m³、深度大於 1.5 m 的水槽可提供種魚適合求偶、產卵的水深 (Duncan et al., 2013)。在繁殖大黃魚時，種魚平常都養在海上箱網 (Hong and Zhang, 2003)，當繁殖季節開始時，則將種魚轉移到陸上矩形水泥池中，並使用 1 — 2 次生殖激素誘導產卵 (Danjun et al., 1991)。三種石首魚種魚培育的密度範圍為

1 — 11 kg/m³。紅鼓可達 11 kg/m³，養在 16 m³ 的水槽中，每日換水率為 60 — 100%，並以顆粒飼料投餵 (Gardes et al., 2000)。大西洋銀身鰾種魚需以低於 1.7 kg/m³ 的密度養在 250 m³ 的水泥池中，並餵食魚類或貝類等生鮮餌料，每次投餵需達到飽食 (Pastor et al., 2013)。種魚培育的雌雄性別比例範圍從 2:1 到 1:2，最常見的為 1:1。紅鼓可以在人工水槽中自然產卵，也可以透過激素誘導產卵，生殖季節時給予 12 — 13 小時的光照，水溫維持 24 — 28°C 可自然產卵 (Arnold, 1988; Lazo et al., 2010)，而大黃魚和大西洋銀身鰾需要使用生殖激素進行催熟。這三種魚類的批次產卵量高，約在 500,000 — 1,500,000 粒，受精卵卵徑為 0.8 — 1.0 mm。

■ 受精卵孵化與仔稚魚培育

受精卵孵化通常在容積 0.4 — 2 m³ 的圓錐形水槽中進行，根據水槽的換水率和水質狀態，初始放卵密度為 200 — 1,000 粒/L。適合的溫度為 20 — 28°C，鹽度需大於 20 psu。孵化時間根據溫度不同，約在受精後 18 — 56 小時。根據過去文獻的記錄，紅鼓與大黃魚的受精率較低，分別為 30 — 80% 及 41% (Lazo et al., 2000; Yu et al., 2017)，而大西洋銀身鰾的受精率較高，為 99.3% (Duncan et al., 2013)。孵化率方面，過去的文獻沒有記錄紅鼓的孵化率，而大黃魚及大西洋銀身鰾的孵化率，分別為 61% 及 80% (Yu et al., 2017; IFAPA, 2014)。

剛孵化仔魚體全長在 2.4 — 3.2 mm 之間。根據換水率及水質條件，初始幼魚的養殖密度在 2 — 50 m³ 的水槽中為 10 — 50 尾/L (Feng

et al., 2017; Lazo et al., 2000; Pastor et al., 2013; IFAPA, 2014)。光照條件方面，建議維持 12 小時光照、保持 500 lux 的光照強度。大黃魚及紅鼓培育的鹽度應為 25 psu，而大西洋銀身鰻的培育鹽度則為 32 – 39 psu (Feng et al., 2017; FAO, 2009; IFAPA, 2014)。三種石首魚都在孵化後第 3 天時開口，開始攝食外源性餌料生物。

鰾的膨脹開啟在石首魚魚苗培育中是關鍵課題。順利「開鰾」的魚苗才能正常活存發育 (圖 7)。若開鰾失敗，可能導致魚苗無法懸浮於水層中造成下沉死亡，稱為下沉症候群 (sinking syndrome) (Miyashita, 2006)，因此在育苗期間，水面必須保持清潔，不能有太多油膜或微生物屍體所造成的浮膜 (Kitajima et al., 1981)，以便仔魚上浮並用空氣充滿鰾。然而，水面的油膜卻能夠防止魚苗發生「表面張力死亡」 (surface tension-related death, STRD, Yamaoka et al., 2000; Nakagawa et al., 2011)。所謂「表面張力死亡」發生於魚苗因為養殖水槽中曝氣作用或受趨光性影響而被帶至水面，隨後被水的表面張力困住，無法活動與攝食導致的死亡 (Miyashita, 2006)。因此，如何平衡這兩者則需要知道目標魚種的開鰾時間與水質條件。

大西洋銀身鰻的開鰾水溫與時間分別為



圖 7 順利開鰾的石首魚魚苗，箭頭處的球體即為鰾

28 °C 及孵化後第 4 – 8 天 (Duncan et al., 2013)，因此在孵化後第 4 天之前，可添加水面油膜防止表面張力死亡，之後就要移除油膜，保持水表面的清潔。仔稚魚培育過程需要使用微藻、輪蟲、豐年蝦及橈足類。在中國的大黃魚及紅鼓培育使用野外捕撈的橈足類做餌料生物，使魚苗的活存率得以提升 (Mai et al., 2005)。以紅鼓為例，從孵化後第 3 天開口到孵化後第 20 天，輪蟲密度可維持 5 – 20 隻 / ml，孵化後第 6 天至孵化後第 30 天可投餵豐年蝦無節幼生，密度為 0.5 – 4 隻 / ml，孵化後第 9 – 15 天可投餵橈足類，密度至少 0.5 隻 / ml (Lazo et al., 2000, 2002)。

■ 中間育成

石首魚的中間育成可在海上箱網、陸上魚塢及室內水槽中進行 (圖 8)。紅鼓魚苗經過 80 天的中間育成，體重可以從 3.8 g 成長至 49.2 g，飼料轉換率 (FCR) 為 1.14 – 1.40，活存率為 61% (Alo, 2008)。中間育成階段的養殖密度通常為 20 – 50 尾 / m³，取決於水質條件及魚苗的初始體型。在中國及其他亞洲國家的商業生產中，使用下雜魚餵食，結果飼養效率較低 (FCR = 4.2 – 10, Hu, 2015; Shen, 2009; Zhang et al., 2002)。相比之下，採用商業配合飼料養殖效率更高 (FCR = 0.9 – 1.9, Liu and De Mitcheson, 2008; Houel et al., 1996; Duncan et al., 2013)，尤其是大西洋銀身鰻，其 FCR 接近 1 (Duncan et al., 2013)。紅鼓與大西洋銀身鰻在養殖第 1 年即可達約 1 kg (Lu, 2003; Duncan et al., 2013)，而大黃魚的體重則不超過 500 g (Liu, 2013)。紅鼓、大西洋銀身鰻及大黃魚中間育成時的水溫條件約 25°C、

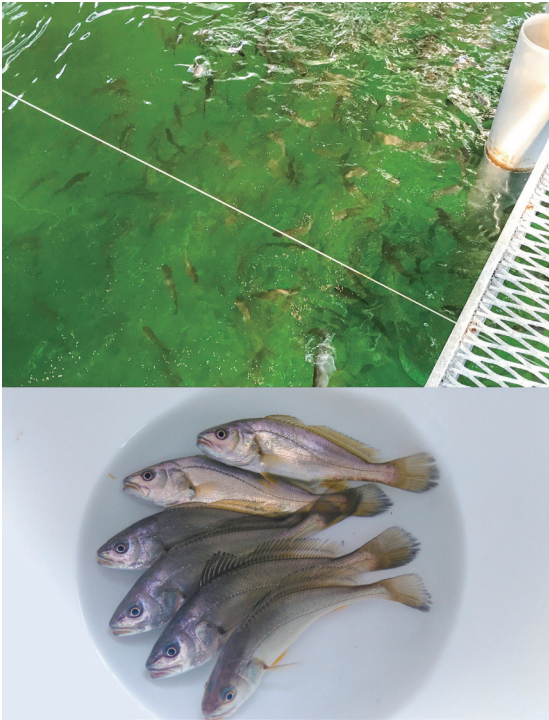


圖 8 在室內水槽進行中間育成的日本銀身鯧

溶氧大於 5 mg/L，但對鹽度有不同要求，紅鼓可在純淡水與海水中成長，耐受範圍最廣，大西洋銀身鯧適合 33 – 35 psu，大黃魚則適合 24.5 – 30 psu。

■ 石首魚養殖業主要瓶頸

石首魚的養殖發展面臨多項挑戰，其一是中國的大黃魚養殖產業規模的無序增長。自 1990 年以來，中國大黃魚養殖中超過 60% 的飼料來自冷凍的低價下雜魚，然後又因為儲存條件不佳導致高達 60% 的浪費，也助長了疾病傳播及對環境的負面影響，最終導致供應量降低，影響產業整體的獲利 (Liu and De Mitcheson, 2008; Chen et al., 2018)。此外，沿岸過度發展海上箱網養殖，又加上沒有適度的規劃，導致箱網過度擁擠、沿岸水域優養

化、產生近 20 種疾病的傳染，使得生產出來的大黃魚品質下降，影響食品安全 (Chen et al., 2018)。紅鼓引進中國經過二十多年的養殖已成為當地分布最廣的外來種，常見於渤海、黃海、東海及南海北部的河口與沿岸水域中 (Lin et al., 2020)，相同的情況也出現在臺灣，這些入侵到野外環境的紅鼓會捕食原生棲地的魚隻 (Liao et al., 2010)。缺乏種魚管理亦是產業發展的一大挑戰。產業界多利用少量的種魚進行大規模的種苗生產，多數養殖的大黃魚來自單一產卵批次，並主要由中國福建省的育苗場供應，這導致因種魚數量有限及近親繁殖使其遺傳多樣性大幅下降，最終造成肉質和成長表現退化 (Liu and De Mitcheson, 2008)，同樣的問題也出現在歐洲大西洋銀身鯧的養殖業，因使用少量的種魚進行大規模的魚苗生產，而缺乏妥善的種魚管理 (Duncan et al., 2018)。

■ 結語

石首魚相當適合水產養殖，隨著世界各地新種石首魚的養殖技術被建立，我們可以預見該產業將持續擴展 (Chacón-Guzmán et al., 2024)。本文論及的多種石首魚在世界各地養殖成功，最終發展為一項產業並非單純因為生物特性，還受到飲食文化、養殖技術、漁業政策與市場等多重因素影響。因此本所除了投入養殖技術研發，也同時需要考量其他因素。可將過去研發紅鼓、大西洋銀身鯧及大黃魚等魚種的養殖技術以及世界各地的石首魚養殖技術與產業發展歷史作為參考資料，使得目前正投入研發的黑鰻及黃金鰻等魚種可以突破目前的技術瓶頸並逐漸穩定成熟。