

日本人工繁殖鰻魚近況

蕭玉晨、陳冠如、楊順德

水產試驗所淡水繁養殖研究中心

發展鰻魚人工繁殖的必要性

日本鰻是高經濟價值的養殖種類，尤其是日本食用鰻魚的傳統文化使其需求量居高不下，也讓日本成為台灣養殖鰻魚的主要出口國。然而，由於長年來鰻魚養殖完全仰賴野生捕撈鰻苗而過度消耗自然資源，加上氣候變遷、水文環境條件變動等負面影響，以致近年鰻苗捕撈資源量明顯下降。根據以往資料顯示，1960 年至今，野生玻璃鰻捕獲量自每年 200 公噸下降至 20 公噸，而人工繁殖技術未能突破達到商業量產，導致捕撈鰻苗價格比十年前貴了十倍以上，造成養殖成本的提高，令養殖戶不堪負荷。另一方面，除過度捕撈外，由於全球暖化導致海洋環境變化，以及棲地流失、遷徙路線障礙、污染和洋流改變等因素，也影響鰻魚的生殖洄游和孵化後鰻苗的活存率，造成鰻魚族群資源銳減。因此，自 2013 年起日本宮崎縣、熊本縣和鹿兒島縣已針對銀鰻捕撈進行管制及禁止令，台灣也已經設定 3 月初至 10 月底的禁漁期，世界自然保護聯盟 (IUCN) 更將日本鰻列為瀕危物種。未來，野外種苗取得將日漸困難，人工繁殖將是紓解種苗來源不足，以及復育日本鰻天然資源的關鍵。

人工繁殖技術演進

綜觀數十年來鰻魚人工繁殖技術研究的演進，可概分成兩個階段：

第一階段是探討腦下垂體誘導作用。1930 年，法國學者發現以 HCG 注射歐洲鰻可誘導精子生成，但對雌鰻卻無顯著效果；1964 年，丹麥研究團隊利用鯉魚腦下垂體誘導歐洲鰻成功產卵，但受精率不佳。其後至 1974 年，日本研究團隊收集鮭魚腦下垂體，將之均質後每週注射種鰻 1 次，順利誘導日本鰻產卵並孵化出鰻苗，接著於 1976 年培養出日本第 1 批活存天數達到 2 週之鰻苗，可惜此批鰻苗無進食情況也未發育變態至柳葉鰻。此階段確立了腦下垂體對鰻魚性腺成熟的誘導效果，並且證實鮭魚腦下垂體對於鰻魚催熟效果最佳，此成果沿用至今。

雖然過去鰻魚人工繁殖大多選用達到成熟體型、肥滿度佳且卵細胞發育進入前卵黃生成期時的成魚行腦下垂體誘導催熟，但多數的種魚仍無法藉由單獨注射腦下垂體均質物就達到最後成熟階段。因此，鰻魚人工繁殖自 1980 年代進入第二階段，主要係探討誘導鰻魚最後成熟之類固醇激素的研究。1985 年，日本研究團隊使用 $17\alpha, 20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one (DHP)，成功誘導日本鰻發育

至最後成熟階段並產卵，證實 $17\alpha, 20\beta$ -DHP 具有促進鰻魚最終成熟之作用（圖 1）。

然而，以往繁殖用種鰻來源主要為野外捕撈，受限於天然環境因素，捕撈雌魚多為秋季，且數量及魚體生理狀態不穩定，無法有效地應用於人工繁殖試驗。1990 年，日本研究團隊開始致力於培育人工雌化幼鰻，並於 1997 年以 estradiol- 17β (10 mg/kg-pellet) 餵食玻璃鰻，經 5—6 個月後，成功獲得雌性化之鰻魚。人工雌化不僅可以全年無季節限制地提供穩定的種魚來源，且經雌化處理之雌鰻卵細胞發育較傳統養殖鰻快速，僅需 2 年即可進入卵黃生成期，對於類腦下垂體萃取物的感受性更高，有利於人工繁殖之進行。

人工繁殖的重要關鍵

基於長期不斷的努力，日本的研究團隊於 2010 年成功達到鰻魚完全養殖之目標，並培育出少量的 F2 子代。回溯數十年來的研究脈絡，統合出未來四大研究重點，分別是選擇良好的雌性種魚誘導性成熟、誘導成熟種魚產下良質卵、建置培育柳葉鰻的最適環境以及縮短柳葉鰻生長時期。

除了先前提到雌化種鰻之外，由於鰻魚繁殖可分為自然產卵及人工採卵，而自然採卵無論在受精率、孵化率、5 日活存率皆明顯優於人工採卵，且畸形率較低，由此推測人工採卵造成的緊迫可能導致卵質下降，應以自然產卵為優先選擇（圖 2）。

在柳葉鰻培育環境設置方面，雖然種鰻產卵是在全海水的環境，但過去研究結果顯示，將鹽度稀釋為約 17.5 psu 的海水中，柳



圖 1 本中心培育之雌鰻，注射 $17\alpha, 20\beta$ -DHP 後達到最終成熟準備進行自然產卵

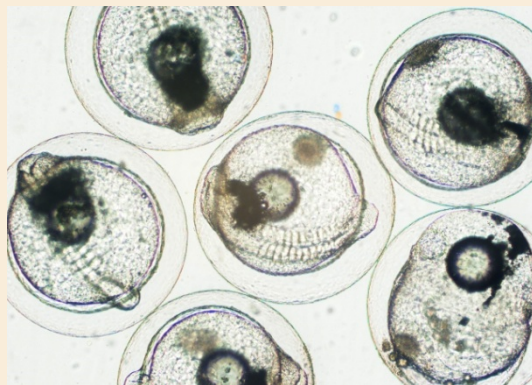


圖 2 本中心觀察到自然產之鰻魚卵，品質優良，清楚可見魚苗發育情況

葉鰻的活存率是純海水的 2 倍；事實上海水的滲透壓約為 1,050 mOsm/kg H_2O ，而柳葉鰻體液的滲透壓為 360—540 mOsm/kg H_2O ，因此稀釋海水較接近柳葉鰻生理鹽度，可減少調節滲透壓之耗能，在此條件下，柳葉鰻的生長速度也能有所提升。水溫方面，產卵時種鰻應維持於 20—22°C 的環境中，但隨著孵化及變態至柳葉鰻階段，水溫可逐漸調升至 25°C。

目前日本研究團隊使用角鯊卵及磷蝦萃取物製成漿狀人工餌料，雖然已有成功案例，但因人工餌料易溶於水而污染水質引發

細菌感染等負面效果，於是 Tanaka、Masuda 等人開始著手改良，將原先用於龍蝦蚤狀幼體的培養槽改為鰻苗培育設施，於缸壁上設置鋪設細網目的排水孔並在底部設置具弱水流之入水孔，形成槽中循環水體（圖 3），除可讓鰻苗在缸中維持懸浮不貼底外，也有助於清除殘餌。

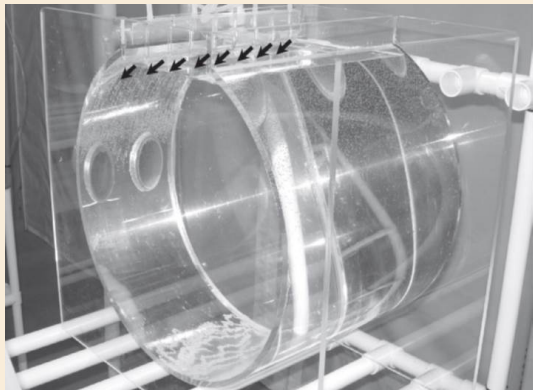


圖 3 鰻苗培育設施（圖片來源：Okamura et al., 2014）

在縮短柳葉鰻生長時間方面，透過耳石微化學分析顯示，野生鰻苗約於孵化後 110—170 天進入變態，而養殖鰻苗則延長至孵化後 200 天以上，而且變態前的活存率低，故如可縮短前柳葉鰻時期，將有助於提高養殖活存率。日方研究團隊測試了幾項環境因子後，發現將身長 50 mm 的鰻苗停止餵食 1 週後，可於接下來 2 週內開始進入變態，因此就現今的成果推測，中止餵食造成的飢餓狀態可能是誘導變態的關鍵。

未來方向

除了上述的養殖過程及環境設置外，針對鰻苗培育相關研究，未來尚有兩個層面需繼續深入研究。一者為營養層面，由於柳葉

鰻的碳水化合物含量是其他魚種的 5—15 倍，多含透明質酸，顯見醣類對鰻苗的重要性，但目前供給鰻苗之食物中醣類含量偏低。過去研究指出，鰻苗的食物來源之一可能是俗稱海洋雪花 (marine snow) 的複合性有機物，而海洋雪花中含有多醣及單醣；且最新研究也顯示，添加乙醯葡萄糖胺、葡萄糖等可提高鰻苗的生長速率，因此，供給柳葉鰻足量的醣類可能是提升鰻苗生產的重點之一。另外，角鯊已被列入 IUCN 瀕危物種，急需尋找其他替代品，日本方面雖嘗試用其他鯊魚卵取代，但活存率及生長速率均偏低；目前成效最高者為使用冷凍雞蛋黃融合磷蝦萃取物，雖可讓鰻魚活存長達 58 天，但成長速率仍不及角鯊卵泥，可能須加強補充其他營養。

另一個研發方向則為繁殖技術層面。現有的人工繁殖仍建立在外源性荷爾蒙注射等方法催熟，不僅有食安顧慮，也可能造成消費者觀感不佳而降低商品價值，未來仍需繼續嘗試透過物理性環境因子調控，如水溫波動變化、靜水壓等，找尋誘導種鰻自然性成熟的方法來取代藥物處理，並降低人工育苗過程中，可能因過度頻繁餵食及高培育水溫而導致鰻苗畸形率偏高，以確保獲得高品質且穩定的鰻魚種苗。

本文參考來源：

1. Ijiri, S., K. Tsukamoto, S. Chow, H. Kurogi, S. Adachi and H. Tanaka (2011) Controlled reproduction in the Japanese eel (*Anguilla japonica*), past and present. *Aquaculture Europe*, 36: 13-17.
2. Okamura, A., N. Horie, N. Mikawa, Y. Yamada and K. Tsukamoto (2014) Recent advances in artificial production of glass eels for conservation of anguillid eel populations. *Ecology of Freshwater Fish*, 23: 95-110.