

▲圖1. 採捕各式各樣的珊瑚礁魚類供人類消費的過漁現象也是造成珊瑚礁衰退過程中重要的因素之一，蕭美足攝。

海水觀賞水族的繁養殖 研發現況及進展 (一)

文/ 邱沛盛、呂明毅 . 圖/ 邱沛盛、呂明毅、林清哲、蕭美足

——本文主要闡述海水觀賞水族的繁殖與培育的現況及進展，並以海馬為例，從保育現況與獨特的生物學來論述海水觀賞魚繁養殖的重要突破與創新，並論及產卵、胚胎發育、仔稚魚培育、餌料生物培養及水槽設計等細節。另外，也涉及目前越來越流行飼養的礁岩生態缸中一貿易流通上常見的海水觀賞無脊椎動物，諸如：活岩石、珊瑚、海葵、多毛類、軟體動物、甲殼綱十足目及棘皮動物的養殖技術細節。最後，則進一步探討海水觀賞水族永續性採捕、生產、貿易流通願景及急需建立的可追溯性制度，吾人將檢視這些生物是否來自永續性採捕或是人工繁養殖。本文所報導的不只是最新且詳細的科學性技術資料，也針對目前想踏入這個迷人研究領域的研究者開啟一扇門——

雖然珊瑚礁在海洋所佔的比例不到1%，但還是被認為地球上最具生物豐富度與繁殖力的生態系。珊瑚礁支持著超過4000種魚類、800種造礁珊瑚和數千種無脊椎生物，包含刺絲胞動物、海綿、軟體動物、甲殼類和棘皮動物。過去幾十年人類活動對珊瑚礁造成許多負面影響，其中包括排放農業廢水和家庭廢水的沉積物、水域優養化、過漁及全球氣候變遷。增加漁獲量以供應水族貿易所需，是珊瑚礁衰退過程中重要的因素。淡水觀賞魚超過90%來自繁養殖培育，而海水觀賞魚絕大部分來自野外採捕。此外，不肖的貿易商持續支持破壞性漁法，例如使用氰化物去麻痺、捕捉高價值的魚類。許多文獻記載使用氰化物有高危害性，而且它通常是沒有目標的傷害珊瑚礁魚類和無脊椎動物。使用具有毒性的氰化物去採捕這些珊瑚礁魚類確實有嚴重的影響，而暴露於氰化物的造礁珊瑚將會面臨白化的命運。儘管如此，在東南亞使用氰化物捕魚來供應水族貿易的活動仍然相當地普遍，在採捕珊瑚礁魚類供人類消費上也會使用炸魚的方法，估計有80%以上的海水觀賞魚從野外採捕到居家水族箱飼養的過程中，死於毒害、低劣的採捕、搬運、蓄養的操作手法和疾病。由於這些被採捕的生物在整個產業供應鏈中活存率很低，加上現今水族產業對於這些生物的需求，催促著人們去找出一個永續經營海洋觀賞水族貿易的方法。

8

水產養殖普遍被認為是最具有潛力的途徑，像是繁殖那些被大量採捕的物種，勢必對於減輕珊瑚礁的漁獵壓力具有貢獻。水產養殖不只可以讓海水觀賞水族在供應上有野外採捕與繁養殖培育二種方法的輪流交替，也將提供我們去蒐集這些生物的生活史（成熟與產卵年齡）等有價值的資訊，以增加自然環境中的生物資源量，讓我們了解這些生物如何去回應人類活動所造成的衝擊。



海水觀賞魚（海馬除外）

近年來，使用密閉式養殖系統供應觀賞魚受到越來越多的關注。發展誠信、永續的繁殖技術所生產的珊瑚礁魚類成為減低野外族群壓力不可或缺的要素，也因為這些觀賞魚被飼養在密閉式的系統中，所以可能成為在人為飼養環境中較強健、活存率較高的個體。繁養殖培育的觀賞魚可以滿足市場期待，然而實際上大部分的海水觀賞魚繁養殖還是存在著許多問題。例如在牠們的初期生活史還有許多關鍵過程的資訊缺乏，成為人工繁養殖培育的限制因子。這些關鍵分別是親魚產卵（包含性別判定、繁殖能力養成）、胚胎發育（和親魚營養需求、培育、遺傳性緊密關聯）、孵化（和繁殖策略有關），以及魚苗從卵黃吸收完畢到開口攝食外因性營養的過渡期。

大部分珊瑚礁魚類的生活史可區分為三個階段，分別是仔魚、稚幼魚及成魚，要完全養殖海洋生物勢必要從受精卵培育到成魚。一般來說，許多科學家假設海水觀賞魚可以在人為環境下產卵並且被養成；接下來在實驗室研發出的養殖技術要可以轉移到商業上大規模生產。

一開始必須謹慎的選擇用來繁殖培育的親魚，因為質量好、優良的親魚是在日後成功培育仔稚魚的基本要件。當以上條件都達成後，人工繁殖的個體應該要取代野外採捕的個體。因為牠們較強健、較適應人為飼養環境，而且從幼魚開始飼養，可以長久活存在水族箱中，也不必經歷運輸過程中的緊迫。

每種魚類使用的繁殖策略多有不同，所以了解牠們的生活史是成功繁殖的關鍵。繁殖能力的發展，仰賴著內部與外部多種信息的整合，而這些信息提供我們了解生物在繁殖上的關鍵資訊，例如：牠們是否達到足夠生殖體型或能量狀態（代謝因子）、是否處在最佳繁殖條件下（環境因子）、是否有適當的配偶可供繁殖（社會因子）。想試圖在人為環境下繁殖特定的魚種，能夠分辨生物的性別是一大重點。有些魚的性別是在發育過程中就決定的，不具性轉變能力。形成繁殖配對通常是透過試誤法或鑑別特定性徵、性器所達成。舉例來說，在史氏刻齒雀鯛（*Chrysiptera starcki*）和黑帶稀棘鰈（*Meiacanthus grammistes*），雄魚的侵略性較強，而雌魚擁有圓形的生殖孔。

有些魚類具有性轉變的能力（雌雄同體，hermaphrodites）。雌雄同體是指一個生物體同時具有精巢和卵巢，且在繁殖活動中可以扮演任何一方性別功能的特性。生理上的適應通常防止自體受精，這項特性表現在少數的觀賞魚中，例如：鮨科魚類（Serranidae）。連續性雌雄同體是較具優勢的，在生活史的初期和末期，這些魚類受到性別控制而影響個體的活動，但若是需要的時候，牠們會改變牠們的性別。雌雄同體的特性還可以區分為雌性先熟雌雄同體（生長過程中先發育成雌性再變成雄性）和雄性先熟雌雄同體（生長過程中先發育成雄性再變成雌性）。



▲圖2. 估計有80%以上的海水觀賞魚從野外採捕到居家水族箱飼養的過程中，死於毒害、低劣的採捕、搬運、蓄養的操作手法和疾病，邱沛盛攝。



▲圖3. 具有典型雄性先熟的小丑魚，牠們是由社會行為來決定性別。在小丑魚社群中具有一種階級制度：體型最大的是雌魚，第二大的是雄魚，而其他魚都不具生殖功能，邱沛盛攝。



▲圖4. 產沉性卵的典型魚類—黃背寬刻齒雀鯛（*Amblyglyphidodon aureus*），通常將成團的受精卵產在固體的表面或洞穴中，這種方式需要親魚來護卵、照顧受精卵直到魚苗孵化，邱沛盛攝。

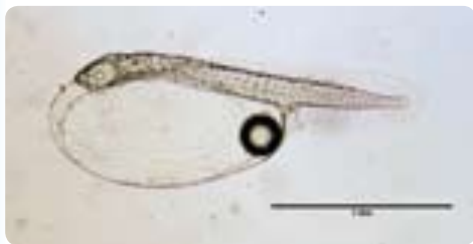


▲圖5. 黑帶稀棘鰈（*Meiacanthus grammistes*）也是產沉性卵的典型魚類，雄魚的侵略性較強，而雌魚擁有圓形的生殖孔。一旦遇危險時以倒游方式（尾部先入）躲入小洞穴中，僅露出頭部注視敵人，會分泌毒性及有強力之大齒，使捕食者卻步，林清哲攝。

典型雄性先熟的物種要屬小丑魚 (clownfishes)，牠們是由社會行為來決定性別。在小丑魚社群中具有一種階級制度：體型最大的是雌魚，第二大的是雄魚，而其他魚都不具生殖功能。典型的雌性先熟要屬擬雀鯛 (dottybacks) 和海水神仙魚 (angelfishes)。在魚類的性別決定之後，下視丘的腦下垂體性別中樞會被啟動，環境條件包括：光照週期、溫度、食物對於性別成熟都是非常重要的。可以用定時的照明和熱泵系統來調整光照週期和溫度，透過模仿野外自然產卵的環境條件，如季節變化中的日照長短、溫度來誘導魚類產卵。通常高溫 (28°C) 和長日照 (14 L/10 D，即14小時光照/10小時黑暗) 可以有效的誘導產沉性卵魚類 (demersal spawners) 的產卵。也有紀錄顯示其他的光照組合 (13 L/11 D 和 12 L/12 D) 在 26°C 對於菲格羅霓虹鰕虎 (*Elacatinus figaro*) 有良好的產卵誘導效果。對於產浮性卵的魚類 (pelagic spawners) 來說，季節的變化 (冬季 22°C 10 L/14 D、春季 24°C 12 L/12 D 和夏季 27-28°C 14 L/10 D) 是誘導產卵的必要條件，但是產卵的行為還是大多發生在夏季。海水觀賞魚在人為環境下產卵，通常都有穩定的溫度和光照週期，並伴隨良好的水質 (用高效能的過濾器來維持) 及豐富的投餵。



▲ 圖6. 已可成功養殖的產沉性卵魚類—鞍斑雙鋸魚 (*Amphiprion polymnus*)，剛孵化的仔魚已具有功能的鰓和色素的眼睛 (體長 4.18 mm)，卵黃囊幾乎耗盡，口部及消化道開啟並具有功能，呂明毅攝。



▲ 圖7. 產浮性卵的疊波蓋刺魚 (*Pomacanthus semicirculatus*) 為典型的海水神仙魚，其仔魚非常微小 (體長 1.73 mm)，孵化時仍為前期仔魚，牠們缺乏具有色素的眼睛、消化系統或是口部。在這個階段牠們仍然留存一個大的卵黃囊，在水層中經過 48 小時的發育階段，呂明毅攝。



▲ 圖8. 藍帶荷包魚 (*Chaetodontoplus septentrionalis*) 為另一典型的海水神仙魚，使用猛水蚤類或是混合纖毛蟲、輪蟲等餌料生物投餵仔魚，在溫度 26-28°C 的條件下培養到孵化後第 30 天，最高有 8.9% 的存活率，呂明毅攝。



▲ 圖9. 雖然大部分的海水魚類都是用海水壺狀輪蟲來飼養，但對於某些極微小的仔魚而言，牠們實在太大了，牠們的遊動方式也不足以誘引仔魚攝食，而且牠們的脂肪酸營養組成也不符合海水魚苗的需求，邱沛盛攝。

質 (用高效能的過濾器來維持) 及豐富的投餵。

海水魚產卵類型有沉性卵與浮性卵二種，產沉性卵的魚類通常將成團的受精卵產在固體的表面或洞穴中，這種方式需要親魚來護卵、照顧受精卵直到魚苗孵化。在產卵期間雌魚需要足夠的攝食以維持卵巢質量。在魚缸中飼養時，需要製造適當的水流讓受精卵獲得充足的溶氧，水流製造越多，則雄魚用胸鰭煽動水流的頻度就可以減低，雄魚會用口去清理受精卵，去除死卵和雜質。

產浮性卵的魚類將精卵排放於水層中並且展現出複雜的求偶模式，和產沉性卵的魚類相比，卵徑通常較小、卵數較多。產卵行為通常發生在黃昏，因為在這個時間點，被掠食的壓力較小 (掠食者這時候通常開始找尋藏身處，而夜行性掠食者在這時的活動力還很低)。基於不同的繁殖策略，浮性卵在數小時到一天就會孵化，而沉性卵孵化時間則在數天以上。雖然在胚胎發育過程中受到絨毛膜的保護，但還是有許多不同的生物性過程需要為這些獨立的生命所準備。在種內專一性的發育過程中，胚胎改變從外界攝取營養，產沉性卵的種類在這個階段完成絨毛膜的分解 (孵化)。孵化過程為酵素和機械作用同時發生，包括胚胎的扭動、孵化酵素、卵膜層構造及親魚護卵等。在幾種產沉性卵的魚類中，成功孵化可能受到周圍環境光照所影響，因為牠們的卵大部分在夜晚孵化，受光照調節的孵化方式很可能具有很大的生態意義，這種孵化策略讓仔魚受到掠食的機會大為降低。



▲ 圖10. 橈足類的無節幼蟲因大小合適、運動模式及富含高度不飽和脂肪酸等優點，被公認為是相當理想的海水魚苗初期餌料生物，邱沛盛攝。

在孵化過程中，仔魚和前期仔魚（prolarvae）對於任何劇烈的物理、化學性的環境變異極為敏感。沉性卵的仔魚在卵中發育直到出現具有色素的眼睛及鰭膜，仔魚在這期間出現具有功能的鰓和色素的眼睛，卵黃囊幾乎耗盡，口部及消化道開啟並具有功能。然而，浮性卵的仔魚是非常微小的，孵化時仍為前期仔魚，牠們缺乏具有色素的眼睛、消化系統或是口部。在這個階段牠們仍然留存一個大的卵黃囊，在水層中經過48小時的發育階段。在這個階段後，前期仔魚會繼續發育成活動力強且具有色素眼睛及消化系統的仔魚。在初期階段的前期仔魚是很容易受到掠食者捕食的。

仔魚和前期仔魚在魚類初期生活史中都是非常脆弱的，在不同的仔魚培育系統中，已可營造一個餌料豐足且少有掠食者的環境。用20公升的玻璃水槽製造出一個小型生態缸（microcosms），已經成功的養殖數種產沉性卵的魚類，包括小丑魚（*Amphiprion* spp.）、鮡鰕虎（*Gobiosoma* spp.）、擬雀鯛（*Pseudochromis* spp.）及一些稀棘鰈（*Meiacanthus* spp.）。水槽旁邊用黑色的板片遮蓋以減低光照，缸底部分用白色的板片覆蓋以方便清理。水槽中的水藉由滴流式過濾系統可以在一天內循環10次。對於前期仔魚來說，用較小的50公升箱網放置於較大水槽（400-1000公升）中飼養已經是成功的方法。這個培養空間可以聚集仔魚和牠們的餌料，增加餌料的被捕食率、提供隱蔽及減少潛在的物理傷害。此外，控溫和打氣是在外面的大水槽中，在小型培養空間裡面的水是非常乾淨、溫暖的，且鹽度與天然海水相似，所有的條件都符合仔魚的天然生存的條件。

觀賞性仔魚培育的主要瓶頸是從內因性營養到外因性營養的轉變階段，以及這些仔魚是生活在大海中，所以我們需要去模擬這樣的環境。在熱帶的海洋環境是溫暖、水流平靜的，具有適當的餌料生物密度讓仔魚攝食。在數篇野外的調查報告中提到，海洋中的仔魚主要攝食橈足類、原生動物及底棲生物的幼生。最近的研究指出，投餵海洋中浮游生物給仔魚，檢查牠們消化道內容物，可以發現牠們大量攝入橈足類的卵和無節幼生。很不幸地是，橈足類很難連續培養，而大部分的海水魚類都是用輪蟲（*Brachionus* spp.）和豐年蝦（*Artemia* spp.）來飼養，儘管輪蟲和豐年蝦具有生產上明顯的實際優勢，然而牠們並不是仔魚最適合的餌料生物，因為牠們不是仔魚的天然食物。對於一些極微小的仔魚（如蝴蝶魚、海水神仙魚及石斑魚）而言，這些餌料生物實在太大了，牠們的遊動方式（緩慢的繞圈運動）也不足以誘引仔魚攝食，而且牠們的脂肪酸營養組成也無法符合海水魚苗的需求。例如在投餵黃頂擬雀鯛（*Pseudochromis flavivertex*）仔魚的研究中證實，滋養輪蟲和豐年蝦相當的重要性。將仔魚分成幾個實驗組，分別投餵滋養和未滋養的餌料生物。投餵未滋養輪蟲的仔魚活不過7天，而投餵滋養後的輪蟲和豐年蝦的仔魚有最高的活存率（39%成長為稚魚）。此外，投餵滋養後餌料生物的仔魚比起未滋養組有較快的成長率，並且較早完成變態（metamorphosis）階段。這個結果清楚地顯示出，在培養黃頂擬雀鯛仔魚的過程中餌料生物的滋養是必需的。此外，也可了解到在繁殖培育眼斑雙鰭魚（公子小丑；*Amphiprion ocellaris*）的過程中，出現異常的色素沉澱、部分或全部失去白色條紋（miss-band）的原由。失去白色條紋的小丑魚會被養殖場以低價賣出，而這是一個有趣且亟待解決的問題，目前已證實使用高度不飽和脂肪酸（HUFAs）滋養餌料生物，不只在仔魚成長上有正面的效果，也可以減少條紋消失的比例。雖然還可以使用添加類胡蘿蔔素（carotenoids）的餌料，或是以光強度和調整背景來改善問題，但在幼魚和成魚身上若沒有鮮艷色彩將會降低商品的價值。

~待續~

延伸閱讀

- ※Leu, M.-Y., Liou, C.-H., Wang, W.-H., Yang, S.-D. and Meng, P.-J. 2009. Natural spawning, early development, and first feeding of the semicircle angelfish [*Pomacanthus semicirculatus* (Cuvier, 1831)] in captivity. *Aquaculture Research* 40 (9), 1019–1030.
- ※Moorhead, J.A. and Zeng, C. 2010. Development of captive breeding techniques for marine ornamental fish: a review. *Reviews in Fisheries Science* 18 (4), 315–343.
- ※Olivotto, I., Planas, M., Simões, N., Holt, G.J., Avella, M.A. and Calado, R. (2011) Advances in breeding and rearing marine ornamentals. *Journal of the World Aquaculture Society* 42 (2), 135–166.
- ※Leu, M.-Y., Sune, Y.-H. and Meng, P.-J. 2015. First results of larval rearing and development of the bluestriped angelfish *Chaetodontoplus septentrionalis* (Temminck & Schlegel) from hatching through juvenile stage with notes on its potential for aquaculture. *Aquaculture Research* 46(5), 1087–1100.