

動物行為學於水產養殖上之應用

李曜辰 / 水產試驗所淡水養殖研究中心

■ 前言

動物行為學 (Ethology) 是專門研究動物行為的學門，舉凡動物自身或受外在刺激後所作出的對應反應皆在其研究範疇，這些行為包含掠食、禦敵、繁殖、社交及學習等。過去漁獵時代有經驗的獵人或漁民會藉由了解動物習性增加狩獵及捕撈的成功率。隨著時間推移，對於動物生態習性的深入了解也幫助人們得以馴化各種野生動物，使得人類文明順利進入農牧時代。近年對動物行為研究的目的逐漸從應用研究拓展為野生動物保育、對圈養動物福利之促進，抑或是滿足人類的好奇心、增加人類對其他生物相關的知識。

水產養殖是指在水域環境針對水生生物進行飼養、繁殖及收穫的技術，對物種行為生態的研究有助於提高該物種在人為環境下養殖的活存率、降低緊迫並促進其動物福利。動物行為學研究不論是在經濟物種養殖或是野生動物保育皆可做出許多的貢獻，本文將簡略介紹動物行為學於水產養殖上之相關研究及應用。

■ 動物行為學

動物行為學顧名思義是研究動物自身或受外界刺激後所表現的行為，這些行為受先天本能驅使或由後天學習習得。動物行為大致上可以分為以下幾個類別：生物時鐘、禦敵 / 掠食、導航 / 遷徙、繁殖、子代照護、溝通、學習、

社交 / 合作、衝突 / 侵略及認知。動物行為種類五花八門，同一類別的行為在不同物種間也有很大的差異。以水生動物抵禦掠食者的行為（禦敵行為）舉例，鮪形目部分成員會藉由吞入海水膨脹自己的身體抵禦天敵，銀鱗鯧以群游的方式降低掠食者捕食的成功率，毒鮋科成員及頭足類則以偽裝或潛砂的方式防止天敵的偵測（圖 1）。一個動物行為可能與多個類別相關，例如每年冬至前後烏魚隨著大陸沿岸流洄游的行為就牽扯到生物時鐘、導航 / 遷徙及繁殖等行為。

■ 漁業及水產養殖上之應用

過去動物行為學在捕撈漁業上主要運用於漁具漁法的改良，針對目標物種感官能力及趨性，設計捕撈漁具（如燈火漁業及飛魚卵漁業）以提高捕獲量。對水產養殖而言，養植物種的行為往往反應養殖池當下環境狀態，熟捻養植物種的行為及其背後代表的意義有助於提高養殖產量及減少不必要損耗。例如養殖池溶氧不足時魚類呈浮頭現象（圖 2），養殖業者觀察到該現象後應立刻增加增氧設備，確認是否有其他因素（例如氨氮濃度飆升、高水溫或寄生蟲爆發等）影響，並針對可能原因處理以避免魚隻持續死亡。

除一般實務應用外，在水產養殖及漁業資源復育上也有許多動物行為學相關研究，其研究範疇包含繁養殖技術改良、增進動物福利及



圖 1 不同水生動物的禦敵行為

a：菲律賓叉鼻魷受到刺激後吸水膨脹，將身上的細刺立起禦敵。b：銀鱗鯧幼體常以群游的方式降低個體被捕食的機率。c：部分毒鮋科成員偽裝成礁石躲避天敵或伏擊獵物，故俗稱石頭魚。d：歐洲烏賊藉由改變背部色素細胞結合挖砂行為，將自身隱蔽於底質內



圖 2 養殖魚隻因缺氧群聚於進水口

提高放流動物活存率等。藉由行為學指標可以探討育苗及中間育成階段的養殖最適參數，以優化整體流程。例如 Costa 等 (2016) 利用白蝦苗 (*Litopenaeus vannamei*) 在不同放養密度下行為表現的差異建立其最適放養密度。藉由觀察尖翅燕魚 (*Platax teira*) 的殘食行為與放養密度之間的關聯，Leu 等 (2018) 給予燕魚育苗階段養殖參數的建議。除了行為學指標外，配合生理參數及基因表現幫助研究人員探討更多的議題。例如 Wei 等 (2019) 利用行為學試驗搭配血液生理參數及基因表現之差異探討鯽魚 (*Carassius gibelio*) 養殖過程的最適光照度。除了單純建立及優化養殖參數外，動物行為指標也可以協助學者制定行為訓練，幫助馴化原本難以利用人工飼料之水生動物，Ma 等 (2022) 藉由觀察虎斑烏賊 (*Sepia pharaonis*) 針對不同

性質的人工飼料的反應，設計了一系列的馴餌流程，在頭足類的人工餌料馴化上提供了重要的研究成果。

動物福利為近年逐漸被重視之議題，但在產業執行上仍有許多發展空間，一般陸上動物常以動物行為判斷該動物在人為圈養環境下的福利狀態。水產養殖近年也開始探討如何以魚類行為表現判斷當下動物福利情形 (表 1)。藉由改變飼養環境或養殖操作，分析變化前後養殖動物行為之差異，人們更容易開發提高水生動物福利之相關技術。

魚苗放流是重要的資源復育手段 (圖 3)，然而這些由人工飼養的魚苗因缺乏複雜的環境刺激，導致魚苗放流後無法對野外多變的環境做出適當的反應。過去研究發現人為飼養環境下的魚苗行為與野外族群有所差異 (表 2)，

表 1 水產養殖上可利用之行為指標

行為指標	描述	對動物福利之影響
侵略行為	兩個或以上的個體競爭行為。層級由低到高依序為沒有直接接觸的威嚇行為至追逐、啃咬甚至是打鬥等造成個體損傷的行為。	負面
探索活動	動物為了收集環境相關資訊的移動行為。	正面
預期活動	針對定期性投餌的預期性行為，例如投餌機啟動前魚群群聚於定點。	正面
覓食行為	為了覓食的移動行為。	正面
食慾狀態	是否積極攝食，評估內容包含預期活動、覓食行為及實際攝食行為。	正面
群游行為	魚群成群展現的游泳行為。	正面
個體游泳行為	個體於養殖環境中展現的運動行為。	正面
刻板行為	重複且沒有明顯目標或功能的異常行為。	負面
水表活動	在水表附近的運動行為，例如鰭露出水面的游動行為，或是躍出水面的行為。	依物種不同可能代表正面或負面影響
趨觸性	物種明顯不願意移動至開闊空間，只願意沿著牆壁移動的行為。	負面
空間利用	動物使用飼養環境的狀況，包含使用空間的大小及探索行為的有無。	正面
真空行為	在缺乏外部刺激的情況下，動物展現的異常行為，例如吳郭魚在沒有基質的養殖池內進行築巢挖洞的動作。	負面
呼吸速率	利用鰓蓋開闔的速率作為魚類呼吸需求的衡量標準，呼吸速率提高表示魚類處於緊迫狀態。	負面
生殖行為	包括求偶、築巢、產卵、受精、親代照顧或其他物種特有的行為。	正面

(改寫自 AAC, 2022)



圖 3 鱒魚放流

表 2 野外活存相關行為指標及差異

行 為	人工養殖與野生個體行為差異
禦敵行為	<ol style="list-style-type: none"> 1. 選擇不恰當的活動及棲息區域 2. 較少利用躲避物，較少將自身掩埋至底質 3. 較常於淺水域活動 4. 逃跑行為減少 5. 對掠食者的警戒降低
掠食行為	<ol style="list-style-type: none"> 1. 缺乏捕食活餌的技巧 2. 發覺及辨識獵物的能力下降 3. 選擇捕食不適當的獵物 4. 無法掌握掠食的最佳地點及時間
遷徙 / 移動行為	<ol style="list-style-type: none"> 1. 移動範圍之改變 2. 洄游時程的改變
棲地利用行為	<ol style="list-style-type: none"> 1. 選擇與野生種群利用不同的棲地（例如對基質或其他環境因子的偏好與野生族群不同） 2. 族群內利用淺水及深水區域的個體比例改變
社交 / 競爭行為	<ol style="list-style-type: none"> 1. 攻擊性增加 2. 威嚇行為表現頻率的改變 3. 族群內地位的變化
生殖行為	<ol style="list-style-type: none"> 1. 洄游時程的改變 2. 求偶行為的改變 3. 產卵行為的改變

這些行為差異可能對野放後的活存率造成負面影響。因此，利用行為學試驗研究人工繁殖種苗與野生種苗行為之差異，建立相對應的放流前訓練，有助於提高放流後活存率。前人研究發現放流前將魚苗暴露掠食者因子可以提高其放養後的活存率 (Trippel et al., 2018; Hutchison et al., 2012)。除了防禦行為外，

掠食行為也會影響野放種苗是否能順利在野外找到食物，過去文獻顯示人為飼養的大口黑鱸 (*Micropterus salmoides*) 與野生族群的攝食行為有很大的差異，但可以藉由訓練調整其攝食行為 (Wintzer and Motta, 2005)。Cámara-Ruiz 等 (2019) 則發現可以藉由訓練提升尖吻鱒 (*Acipenser oxyrinchus*) 尋找食物的能力，同時記憶相關的基因表現也增強。除了行為訓練外，飼養過程中提供環境豐富化可以刺激動物產生更複雜的行為，例如複雜的背景可以增強虎斑烏賊的偽裝能力，增加其禦敵能力 (Lee, 2010)。環境豐富化可以強化大西洋鱈 (*Gadus morhua*) 的學習能力，提高其野外存活能力 (Strand et al., 2010)。值得注意的是並非所有物種都可以藉由相同的放流前訓練達到一樣的效果。對於個別物種的放流訓練，應先建立該物種野外活存相關的行為指標，考量其野外可能遭遇風險後制定相關行為訓練，並針對訓練後的個體行為表現進行量化評估，以確保放流前之訓練對放流後存活具有正面效益。

結語

動物行為學在水產養殖及漁業資源復育上有許多應用，例如：(1) 利用動物的行為指標與環境的關聯，探討該物種養殖最佳的養殖參數，改良養殖物種的繁養殖技術。(2) 藉由環境豐富化增進養殖動物的動物福利，以符合未來之趨勢。(3) 探討養殖物種的掠食及禦敵行為，開發對應的放流前行為訓練，以增加物種放流後的活存率等。結合動物生理參數及基因表現分析，動物行為試驗可以適用於不同面向的研究，協助研究人員更好的評估實驗變因對動物之影響。