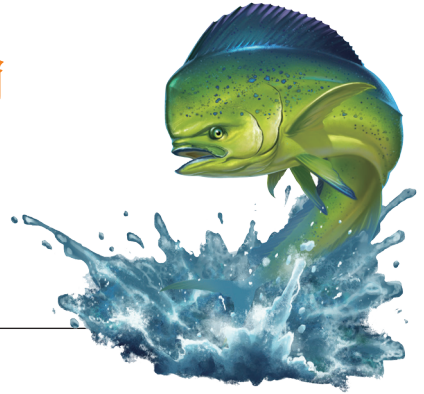


淺談快速游泳魚種之活魚運輸 —以鬼頭刀為例

劉祐瑜¹、蔡惠萍²、何源興¹

¹ 水產試驗所東部海洋生物研究中心、² 企劃資訊組



前言

在水產養殖、魚類生物學家等工作領域中，經常需要透過活魚運輸的步驟來達成目的，大部分做法是將生物放至活體運輸箱並透過陸運方式送往目的地。在運輸過程中往往對魚類造成緊迫，而緊迫與魚類健康是相互影響的 (Harmon, 2009), Stieglitz 等 (2017) 曾指出，環境緊迫源會對某些處於早期生活史的魚類造成影響。對於還沒有辦法完全養殖之物種，幼魚來源僅能仰賴野外捕獲，或透過野外捕獲親魚並產卵獲得幼魚，而活魚運輸在上述這些過程當中顯得極其重要，若執行妥當不僅能讓捕獲的魚類維持在好的健康狀態與品質，為後續養殖相關的工作或研究增加效率。活魚運輸的範圍包含了運輸過程以及運輸前的操作與運抵後的管理，其運作是否適當關係著運輸魚類的活存率及健康程度。本所目前正執行大洋性魚種增裕技術開發研究，其中大洋性魚種大多為中表層快速游泳魚種，像是鬼頭刀、鮪魚等活動力極強的魚，相較其他海水養殖魚類，對光、聲音、振動等刺激源較為敏感，若沒有在捕獲過程中適當減低緊迫源 (即良好運輸前操作)，其當下捕獲掙扎時已產生極大驚嚇及緊

迫，加上後續的運輸過程亦要放入容器中一段時間，在這持續緊迫過程中魚體往往不堪負荷，若又受到突發性的刺激而產生群體急速游泳常會因衝撞容器壁面，造成魚體的脊椎骨折或頭部變形而死亡。從捕獲放置養殖環境的過程，初期通常有較高死亡率，多半為運輸中間過程緊迫，加上四處衝撞容器致使魚體皮膚受傷感染造成其初期死亡率較高，魚隻在放入養殖環境後亦受到緊迫、驚嚇有追逐或擦傷等情形而持續耗減，這時後續的檢疫、預防及治療的工作就相當重要。活魚運輸的過程看似繁瑣，但其所帶來的效益及效率很大，因此減少潛在緊迫因子、運輸魚類在緊迫環境下的時間，以及了解當時魚種可接受的水質參數非常重要，應建立一套適合該生物的運輸準則。

活魚運輸之緊迫源與魚類生理反應

活魚運輸中的緊迫來源有些是不可避免的，而依循高品質的運輸程序能夠將緊迫減少至最低。Francis-Floyd (2002) 將活魚運輸過程有關的緊迫定義為—各種對動物的安適感產生不利影響之因子，並使其不能正常維

持生理的情況。魚的緊迫可能是由生物、化學或物理條件引起的，活魚運輸的流程會在短時間內將魚暴露在多種緊迫源當中。與運輸魚類相關的潛在的緊迫源包括：不妥適的密度、不適當的容器、物理性處理、不適合的水質及置入新環境時的控管，另外影響魚類的緊迫源大致可分為急性或慢性緊迫源，急性緊迫源包括物理性處理、禁閉、劇烈的水質變化，慢性緊迫源包括長期水質不佳、不適當放養密度、餵養。魚類依靠其生理機制像是神經、免疫、賀爾蒙系統等機制的調節來適應緊迫源，而這些適應緊迫相關的代謝能量，是從其維持正常生理機能的部分挪用，進而對緊迫做出生理反應，當這些反應超出其忍受正常範圍時，便導致魚類不適與死亡。這些反應分為初級、次級和三級緊迫反應。初級反應為將賀爾蒙釋放到循環系統中調節，而後進而觸發次要反應，其包括心率增加、流入鰓的血量和代謝率增多，以及血漿氯化物、鈉和鉀減少，進入到三級反應時則涉及的改變的有行為、抗病性、生殖潛能、溫度忍受能力、缺氧的耐受性、成長率降低等。急性的緊迫源可能會導致立即死亡，其原因可能為離子損失。而慢性緊迫源通常會導致免疫功能嚴重受損及能量儲存減少，並造成對病原抵抗變差及肥滿度不佳等，另外亦有視運輸過程中遇到的潛在原因或嚴重程度，而可能造成在運輸後數天或數週後發生延遲死亡。延遲死亡的原因目前尚未確定，其可能原因為滲流導致血液中電解質失衡的結果。通常活魚運輸所導致的死亡可能為一個嚴重的緊迫源，或是數個較輕微緊迫源共同作用以及緊迫導致的疾病，而“延

遲死亡綜合症 (Delayed mortality syndrome)”和“拖運損失 (hauling loss)”是指活魚運輸和置入新環境時控管之魚類死亡率相關的術語。任何魚類之水產養殖作業中，活魚運輸是至關重要的一部分，近年來有許多研究團隊開發活魚運輸生命支持的系統和步驟準則，持續改善活魚運輸的流程，並開發新技術以提升運輸過程的經濟效益和物流效率。

國內外圈養快速游泳魚種—活魚運輸之研究

國內目前活魚運輸相關的研究或技術大多與觀賞水族相關，有關中表層快速游泳魚種的活魚運輸文獻紀錄相對稀少。國內目前有本所東港生技研究中心針對鬼頭刀的種魚培育及自然產卵習性研究的報告 (張等，2008)，至海上捕撈鬼頭刀魚苗 (2—3.5 cm) 至中心圈養，其紀錄中有許多為運抵後管理相關操作 (圈養時的水質參數、馴餌、圈養鬼頭刀之習性、疾病相關等)，但對運抵前操作及運輸過程並無紀錄，其研究指出鬼頭刀被魚虱及卵形鞭毛蟲感染則為其問題，必須設法解決。

在本所沿海資源研究中心有黃鰭鮪幼魚的漁撈技巧 (楊等，2012) 及黃鰭鮪箱網養殖成本效益之初步分析 (楊等，2017) 等報告，楊等 (2012) 提到臺灣周邊海域擁有天然的黃鰭鮪幼魚資源，若能確保幼魚的來源與品質，可解決鮪魚箱網養殖最大問題點，故提供優質幼鮪的海上漁撈技巧供漁民參考，像是避免碰觸魚體、魚鉤的倒鉤去除、釣獲時間為清晨、選用具帆布的網具撈取上

船並避免魚體受傷、活魚艙的清潔與防撞、避免刺激等。首先要避免污水進入活魚艙，在活魚艙中放入海水產生一定的水流，防止衝撞艙壁，避免洄游時的碰撞，在活魚艙面能使用一些防止衝撞的材料，或是使用緩和視覺刺激的材料且有足夠亮度，讓魚眼能快速判斷碰撞面的構造物，則可減少撞死情形的產生。若使用白色水槽及底面的活存率較低，而使用透明者則較佳，或是利用防撞材料或氣泡幕防撞。氣泡幕乃利用氣管挖洞產生，能同時增加活魚艙中的含氧量且效果佳。其次，活魚艙魚隻密度需妥適，擁擠的環境也會讓幼魚產生壓迫感而死亡，若理想的話當然能夠有訂製專用的運輸艙為佳。楊等 (2017) 則提到剛放養至箱網時的死亡率最高，第 1 年的魚隻耗減率高達 30%，之後每年約有 10% 的耗減，其原因多半是因為魚苗捕獲後至放養箱網的中間過程，魚體皮膚受傷感染造成初期耗減量高，而箱網養殖的同時，魚隻受驚嚇、追逐、擦傷等原因，亦會有些許損耗，因臺灣現階段尚無法完全養殖黃鰭鮪，箱網養殖試驗的鮪魚主要來自周邊海域利用曳繩釣方式取得，放養進入箱網時尚需經過小船活魚艙、接駁活魚艙、再至箱網內，過程中魚苗會有 3 次受傷的機會導致死亡率增高，所以應在提高活存率的方式上下功夫，例如放養至箱網內的魚苗時需經過適當篩選，已受傷的魚隻應放棄；可減少接駁次數，由釣船內直接放養至箱網內；另鮪魚皮膚易受傷，需減少魚與人或網的接觸機會；縮短釣獲至放養的時間，釣船在達一定量後迅速回到養殖場進行入魚等方式，以提高初期放養時的活存率。

國外研究大多集中在黑鮪、黃鰭鮪、海鱺物種上，這些物種發展養殖的時間較早，也有零星數篇活魚運輸的研究紀錄，像是 Farwell (2001) 的鮪魚活魚運輸相關紀錄提到用吊袋索逐個來搬運魚體、注重水質參數的調整、容器大小。Colburn (2008) 針對不同密度和溫度下海鱺幼魚 (19、21、25°C) 運輸活存率比較其差異，指出不同溫度下活存率沒有明顯差異，密度方面則不應超過 20 kg/m³。Stieglitz 等 (2012) 則為測試不同鹽度及密度下海鱺幼魚活存率差異，結果表明在 11 psu 和 45 psu 的鹽度下，轉移後 24 小時的活存率為 100%，也進行 12 psu 及 32 psu 兩種不同鹽度下，配合 5 kg/m³、10 kg/m³、15 kg/m³ 和 20 kg/m³ 四種密度的實驗，在密度高於 10 kg/m³ 時，鹽度在 12 psu 之活存率較 32 psu 高。Tokihiko 等 (2016) 則指出，黑鮪幼魚在船舶活魚運輸過程中常因接觸和碰撞，加上鮪類的皮膚薄，而造成高死亡率，故在運輸艙內添加不同顏色或圖案是否會影響活存率？其結論為使用高對比度的顏色圖案可以防止黑鮪幼魚在船舶運輸過程中的大量死亡，在運輸過程中，在艙壁上畫圖案，可將黑鮪幼魚活存率提高到 99%。並指出在運輸中觀察到的大規模死亡，是由捕獲時的處理壓力和運輸過程中由於陽光照射到運輸艙中導致的光環境快速變化的結合造成，而在運輸艙內繪製高對比度的顏色圖案，可以增強幼魚辨別艙壁的能力，從而在環境惡劣的情況下避免碰撞。而鬼頭刀方面則為 Stieglitz 等 (2017) 活魚運輸的紀錄文獻，其相關研究紀錄的結果，會在本篇後續內容詳加介紹。

鬼頭刀活魚運輸初步工作流程

海水魚養殖的成功取決於從親魚而來高品質的受精卵，若無法持續長期提供受精卵育成大量魚苗，會是該產業主要的限制因子。然而，在取得高品質卵粒的過程中，如親魚捕獲、運送、預防處理、馴化、到使其性成熟產卵的一套流程，每個流程中若能嚴格執行，都能大大增加親魚的活存率並能確保其健康。本所過去也有些活魚運輸相關經驗及心得，而未來將執行快速游泳魚種像是鬼頭刀、康氏馬加鰺、杜氏鰺等增裕技術開發，此類魚種活動力強，其親魚或是稚魚在其運輸過程中，為了使過程更有效率及提升活存率，均需要高品質的水質參數，其運輸前後等處理也有相當多要注意的細節，若能參考其他研究團隊所建立的運輸準則，修正並提升現有技術進而開創新的技術，亦能夠在此方面有所貢獻，甚至與其他研究團隊交流並讓世界認識臺灣。為針對鬼頭刀活魚運輸流程，參考自邁阿密大學 (University of Miami, UM) 水產養殖系 Stieglitz 等 (2017) 所發表的報告—圈養鬼頭刀由捕獲、運送、預防處理、馴化、到使其持續生殖的所有流程，期藉由相關的經驗成果，並結合本所的優勢條件及過去經驗，進而在圈養鬼頭刀活魚運輸技術方面有所突破，以下介紹從捕獲親魚至馴化的部分流程。

一、捕獲及運送

釣獲過程透過使用小間隔的圓鉤 (Mustad® model 39938-BLN sizes 3/0-6/0, Norway) 能減少對鬼頭刀顱面的傷害，捕獲鬼頭刀要小心地從水面離起，並在沒有身體

接觸情況下，使用商業用的除鉤器 (R&R Tackle Co., Miami, Florida, USA)，然後將其放置在約 1.1 m³ 的 PU 運輸艙 (直徑 1.65 m × 高 0.76 m)，運輸艙中間裝置豎管，限制鬼頭刀在艙內從對側直接橫衝直撞而撞到艙壁，因為鬼頭刀有依附管子的習性 (對管子繞圈圈)。運輸艙內部的牆壁塗了黑色垂直的線，幫助鬼頭刀適應圈養情況，並降低他們撞到 (接觸) 牆壁的機會，過程中鬼頭刀只要有不斷出血情形或釣鉤咬中位置不佳，就不會被放入艙內。而 PU 運輸艙裝置上的艙蓋，表面有許多均勻分布的孔洞，能讓水穿過進而減少離岸作業時艙內的水劇烈晃動，作業過程中也會讓艙內的水滿過蓋子，這樣同樣也幫助減少艙內水的晃動。運輸過程使用壓縮氧，並用在過飽和水裡面 (9–12 mg/L)，速率大約 1000% 的日交換率海水。交換的海水為運輸艙體積 42%，並且鹽度為 32–34 psu，整趟運輸過程結束時，鬼頭刀皆進入圈養階段，並在船上用裝滿水的吊袋索各個分別運輸到隔離池，使用的吊袋索則為參考 Farwell (2001) 研究訂製的 (圖 1)，此時活存率為 95%。

二、疫病防治、馴餌蓄養和移轉至成熟池

鬼頭刀容易被數種寄生蟲及疾病影響，如魚虱及卵形鞭毛蟲感染 (張等，2008)，並且可能迅速在養殖環境中擴散，為防治爆發，一定要嚴格執行生物預防措施及預防性處理引入的魚隻。將在隔離池中使用福馬林 (37% 甲醛溶液)，在引入後 12 小時內，每一小時給予 100 ppm 的劑量。在少數情況下，有明顯顱面損傷或外部表皮損傷的鬼頭刀，



圖 1 活魚運輸吊袋索製作完成外觀圖

使用抗生素 (鹽酸莢四環素) (oxytetracycline HCl) 連續治療 5–7 天，當中以 50 mg/L 的劑量用作沐浴治療。從捕獲的第 2 天開始，以新鮮解凍的魷魚和沙丁魚當作飼料馴餌。通常情況下，剛移入池中的鬼頭刀較無攝餌行為，大約僅有 10% 的魚在第 1 天被圈養，但 3–5 天後，只要健康的魚都能迅速食用餌料完畢。未進食的魚通常是因為魚鉤位置不當而對眼部造成傷害，而此時，活存率為 80%。在轉移到成熟池之前，將隔離池水位降低至一半以下並以添加以 5–8 ppm 的丁香油 (Spices USA, Inc., Medley, Florida, USA)，緩緩的麻醉魚。為了幫助處理池內的丁香油混合，一開始會將丁香油混在少量海水中劇烈攪拌而乳化。在 15–20 分鐘之後，魚群開始緩慢游動和輕度昏迷。麻醉的魚被放置在前述用來運輸的吊袋索並浸入淡水中

做淡水處理，也在轉移至成熟池時進行了全面的外部檢查，並以手動清除任何剩餘的蝨子或大型寄生蟲再移轉至成熟池。

結語

活魚運輸過程中需要極大細心與耐心，但其所帶來的是高存活率及後續工作的成功率，而好的開始是成功的一半，在未來能夠著重開發新技術以提升運輸過程的經濟效益和物流效率。鬼頭刀為美國東南部、加勒比海、臺灣及日本等國家主要的休閒漁業 (recreational fishery) 及家計型漁業 (artisanal fishery) 重要魚種之一，而水產養殖不僅僅是為了食用而飼養魚類，也攸關維持和保護漁業資源。目前本中心為處鄰近東部海域之漁業及養殖研究機構，其中東部沿近海域 (宜蘭、花蓮、臺東縣) 鬼頭刀的漁獲量佔全臺鬼頭刀總漁獲量 70% 以上，此為本中心研究鬼頭刀漁業資源及養殖技術的優勢，近年來已開始著重於大洋性魚類養殖技術發展，鬼頭刀即為研究魚種之一。而「他山之石，可以攻錯」，期能藉由前人的研究提供我們進行鬼頭刀水產養殖活魚運輸時的思考與啟示，以達事半功倍之效。

註：本文主要參考資料

1. Harmon, T. S. (2009) Methods for reducing stressors and maintaining water quality associated with live fish transport in tanks: a review of the basics. *Reviews in Aquaculture*, 1(1): 58-66.
2. Stieglitz, J. D., R. H. Hoenig, S. Kloeblen, C. E. Tudela, M. Grosell and D. D. Benetti (2017) Capture, transport, prophylaxis, acclimation, and continuous spawning of Mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) in captivity. *Aquaculture*, 479: 1-6.