

# 魚類覓食行為與資源復育

陳暉仁<sup>1</sup>、李英周<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 國立臺灣大學漁業科學研究所

<sup>2</sup> 國立臺灣大學漁業推廣委員會

## 一、前言

漁業資源受到人類過漁行為、棲地破壞、水域污染、外來種入侵及全球變遷等因子影響而備受威脅。為因應水域漁業資源日益減少，復育放流在世界各國被廣為採用，但放流成效普遍不彰，其原因除事前評估不足與操作不當外，缺乏中間育成以培育放流物種的野外生存能力也是其失敗原因之一。在生物眾多生存能力中，覓食行為的重要性無庸置疑，舉凡成長、繁殖、遷移與避敵等重要行為都仰賴能量投注，可說是沒有能量即沒有作為，而覓食行為對行群體生活的物種尤其重要，這些物種通常屬於演化上或生態位階上較低階者或是體型上較小者，它們需要仰賴同類間互助合作以提高個體適存度。對魚類而言，群聚行為曾被廣泛研究，但是較偏重在單一族群內個體的比較，而在跨族群個體間的影響研究比較少。其原因不外乎影響因子複雜與觀察判斷不易，然若不詳加釐清群聚間在覓食行為上其食物的認知能力與群聚間的競爭力等變數，那麼資源復育放流施作恐怕不易達成。

## 二、魚類覓食行為

在自然界中眾多的環境及生物變數對每個生物個體都可能存在威脅，因此，適當調節本身成長、覓食、生殖和避敵等策略顯得至關重要，其中，投注能量所換來對本身的效益主要被認為取決於花費在躲避掠食者以及覓食上的能量之間的平衡 (Pitcher, 1993)，而在魚類的覓食行為機制中牽涉多項內在及外在因素，包括本身的認知、動機、學習經驗、社交訊息、誘因、空間環境、獵物捕捉難易度和捕食風險等 (圖 1)，每一個環節都影響著覓食行為的展現，其中，學習及記憶更扮演決定性的角色，學習及藉由記憶改善覓食方式並衡量如何在比較低風險下，來增進覓食效率，及因應環境變化而調整攝食策略，達到靈活迅速定位獵物、辨識獵物密度及種類的的作用 (Warburton and Hughes, 2011)。跟其他動物相同的現象，魚類聯想學習能力的強化受到遭遇事件發生的頻度及強度有很大的影響，例如在金魚的視覺刺激與食物獎勵實驗中，當兩事件發生間隔時間越短，那麼藉由學習所產生的攝食行為就越有效率 (Breuning *et al.*, 1981)，該實驗亦可視為操作制約 (operant conditioning) 與記憶在強化學習上的呈現，即當受到刺激時，由於食物獎勵使金魚產生滿足的認知結果，促使這種經驗被印入 (stamped in) 記憶中，當刺激頻度漸增，後續攝食行為反應越加快速。另針對棲息於潮間帶的多刺魚 (*Spinachia spinachia*) 與嬌扁隆頭魚 (*Crenilabrus melops*) 的迷宮實驗發現，該二物種都能藉由視覺訊息與食物連結，學習區辨迷宮中何處具有食物，並評估其豐度，以利後續探索覓食，展現潮間帶生物生存的重要法則 (Hughes and Blight 2000)。

### 三、魚類群聚效應

生物在自然界的棲息及分布狀況因生活史特性、種間、種內和環境因素而有所不同，大抵可分為單獨生活及群體共生，其中群體生活因牽涉個體間訊息傳遞、社會學習 (social learning)、從眾效應 (conformity) 等相互作用，在動物行為學上被廣泛研究其對於生物在適存度方面的影響 (Brown *et al.*, 2011)，而形成群體需要四項基本條件，(1)生物個體數量適當、(2)足夠的空間、(3)共同相處一段時間 (Pitcher 1983)、及(4)社會吸引力 (Krause and Ruxton, 2002)，如此形成群體的生物即具有降低被捕食率、提升覓食效率和配對機會，及可共同禦敵等多項生存優勢，但它們同時也面臨群體內資源強烈競爭、疾病或寄生蟲感染等危機 (Krause and Ruxton, 2002)。因此，生物自己會衡量加入群體所產生的代價和利益 (cost and benefit)，並在選擇加入群體後做出更多複雜的應對措施以因應多變的環境及競爭者和掠食者影響，例如近年台灣鳥類冠尾畫眉 (*Yuhina brunneiceps*) 的研究中發現，其繁殖群通常以 1-4 對不等的親鳥構成，並在同一巢內共同合作築巢、孵蛋及照顧雛鳥，能有效提升繁殖率及孵化率 (Shen *et al.*, 2012)。而在魚類行為研究中又依行為表現不同區分出群聚 (shoal) 的群體型態，與一般認知的魚群 (school) 的群體型態，二者主要不同點在於 school 內群體成員均意涵遵循同一方向移動，而 shoal 單純指群體內成員為了社交因素處於同一時空下的聚集行為 (Pitcher, 1979)。例如當金魚 (*Carassius auratus*) 和米諾魚 (*Phoxinus phoxinus*) 群聚成員數由 2 尾增至 20 尾的過程中，成員花費在覓食的時間相對縮短 (Pitcher *et al.*, 1982)，再則，身處於大群聚中的金魚個體比起小群聚中的個體更加容易察覺捕食者，因而有更多時間及能量可投注在覓食上 (Milinski, 1993)，其展現在群聚覓食行為上的一大特點為，可藉由訊息轉移 (Vard and Zahavi, 1983) 與社會學習 (Galef, 1988) 等互動機制使外圍個體能夠帶領內部個體發現食物來源，促進族群的覓食效率。然而當群聚間的訊息傳遞機制受到抑制時，那麼個體在

選擇離開群聚而獨自覓食或繼續待在群聚內以保有各項群聚優勢之間的取捨顯然是一大問題，今以缺乏視覺傳遞訊息為例，在面臨攝食或被捕食（eat or be eaten）風險下的孔雀魚個體會選擇繼續待在群聚內，當獨自覓食個體數增加時，相對少數的個體會因從眾效應加入群體覓食的行列，以儘量保持群體的完整性（Day *et al.*, 2001）。但是另一方面，雖然從眾效應對於多數個體所採取的普遍行為有強化效果，但卻會導致創新的行為散佈速度緩慢（Lachlan *et al.*, 1998; Boyd and Richerson, 1985），當群聚越大時，新穎的行為被抑制就越嚴重（Day *et al.*, 2001）。

#### 四、漁業資源復育與標誌放流

許多國家對資源復育都不遺餘力，不論是棲地營造、環境改善及資源復育、魚苗放流等方式都曾被廣範採用，而在魚苗放流方面，據估計台灣每年放流尾數即達一千萬尾（呂等，2008），世界各國放流數目更加可觀，然而如此大量的放流數目對魚類資源量的回復效果不明顯（Svasand *et al.*, 2000），其原因不外乎放流操作方式不當，放流魚在攝食、驅避敵害等各方面行為遠不如野生魚（Lord, 1934; Stone, 1872），以及事前資源評估不夠確實，甚至未經評估即貿然放流，種種因素導致放流族群到野外後大量死亡（Pickering *et al.*, 1982），曾有研究指出魚苗在進行放流操作前必須經過適當回復時間以減輕運輸緊迫（呂，2009），另外，在事前的評估工作中，標誌放流與再捕，曾被廣泛運用在估計魚類野生族群的分布、遷移及相關統計參數，如資源量規模及增長（McFarlane *et al.*, 1990）。臺灣自 1970 年代起亦運用放流養殖魚苗以增進魚類資源量（郭，2002），然而在過去關於放流魚苗對資源量的貢獻經常缺乏完善估計，主要原因為，(1)放流體長偏小不易標誌、(2)放流數量龐大短期間不易完成標誌，(3)洄游性物種回收不易（Chang *et al.*, 2008），再則，標誌方式與操作對於魚類造成體內或體外影響，往往在個體進入自然環境中會產生競爭上的差異，因此魚隻受標誌影響及後續

與野生魚間生存能力的相互影響也曾被廣泛研究。

魚類標誌方式約可分為自然及人為方式兩大類，其中人為方式又可分為附加印記及附加標籤兩種方法（張，2006），自然標誌是運用生物體既有的體內或體外形質特性找出辨識方法，如耳石鋇鈣比分析法（鄭等，1996）、多型血紅素（Schmidt, 1923）、碳氧穩定同位素（Lee *et al.*, 2002）等，但因這些方法受到環境及基因影響較重，容易干擾判定結果（能勢等，1988）；而人為方式較常見的則以體腔植入標籤（Walsh *et al.*, 2000）、皮下植入螢光標籤（visible implant elastomer, VIE）（Woods and James, 2003）、體外附加標籤（McFarlane *et al.*, 1990）、浸泡或餵食四環黴素法（Babaluk and Campbell, 1987; Chang *et al.*, 2008, 2011）、切鰭法（Richkus, 1978）、冷烙法（Bryant *et al.*, 1990; 李，2012）及噴附螢光素法（Nielson, 1990; Chang *et al.*, 2008, 2011）等，各種方式在費用、操作方式、標誌留存率和死亡率上各有優劣。

魚類在水中呈現不同游泳速度、停於底部、停滯於水體中等各式活力呈現可運用於判斷緊迫程度（Ide *et al.* 2003），並須一定時間修復才能展現正常行為能力（呂 2009），對於行群聚生活方式的魚類而言，個體覓食行為能力受到群聚的影響顯著，當群聚中有個體發現食物時會將訊息提供給群聚中其他個體，以提升覓食效率，更有助於促進每個個體的攝食率（Pitcher 1993），曾有研究指出，養殖比目魚因長期接受人為投餵浮性飼料馴養，那麼即使在未投餵的狀況下也能觀察到魚隻偏好在水層中游動，因此容易被掠食者捕食，導致放流後存活率不如預期。改善之法可考慮事先與野生魚共同畜養，藉由魚類社會行為以學習捕食技巧後再行放流（Furuta 1996），另一方面，從眾效應（conformity）往往導致一個行為在群聚內被快速推展效仿（Lachlan *et al.* 1998; Boyd and Richerson, 1985），例如在群體中展現覓食行為的魚隻會影響週遭個體（Ryer and Olla 1992），使其產生必需競爭食物的認知（Krause 1993），或因對捕食者的警戒性降低而投注更多時間在覓食上（Morgan 1988; Ryer and Olla 1992）。然而亦有研究顯示在避敵行為的展現上雖然可藉由經驗學習累積

(Healey and Reinhardt 1995; Olla and Davis 1989; Olla *et al.* 1998)，但養殖魚的表現總不如野生魚(Berejikian 1995)，而且在相同飼養環境下的實驗中，養殖魚子代對於捕食者的表現仍較野生魚差，顯示除生長環境外，可能還涉及遺傳問題(Steward and Bjornn 1990)，許多放流案例指出，很多魚種放流活存率常在 10% 以下(Watanable *et al.* 1996; Mcneil 1991; Svasand *et al.* 2000)，原因除放流前運輸作業造成緊迫使得魚類行為能力降低外 (Pickering and Pottinger 1989)，野外環境較養殖場複雜與多元(Brown and Laland 2003)導致養殖族群普遍無法與野生族群競爭。

## 五、放流族群與野生族群競爭關係

在放流活動頻繁的今日，除須思考對資源復育效益外，仍不可忽略放流與野生族群間的競爭關係，競爭主要發生在生物共同利用相同資源的情況下，而其中至少有一方會因此在成長上受到抑制，因為資源經常是不足以供給所有生物利用且會受到其他生物干擾(Birch 1957)，早期已有歐美學者指出繁養殖場在鮭鱒魚類的保育及漁獲上扮演重要角色，且養殖魚已在野外建立大規模的族群(Berejikian *et al.* 1999)，野生族群所面臨的競爭威脅已日益嚴重，即便在親緣關係上視為同種的大西洋鮭，養殖場與野外成長的個體在行為、型態與生理都有所不同，因此有學者提出一個物種下的兩種生物的看法(Gross 1998)，兩者甚至應該被視為不同的物種，養殖族群在生活史中因為人為選種及育成導致較低的初期死亡率進而保存了多樣化的表現型，而野生族群則在自然選汰下剔除了較多數不適合生存的個體(Fleming and Gross 1994; Swain *et al.* 1991)。許多的假說也針對兩者侵略性差異作出比較，例如魚群間社會結構在養殖場中高密度的飼養情況下，階級制度易被壓抑，無法如同野生環境建構容易，造成養殖魚放流後因有機會建立階級制度而更具侵略性，相反的，野生魚間早已存在既有的階級制度，故侵略行為不如養殖魚頻繁(Jenkins 1971)，致使養殖魚投注過多能量在不必要的種

內競爭衝突上(Berejikian *et al.* 1999)，導致本身攝食及避敵能力相對降低，死亡率隨即上升。在覓食行為上，養殖場高密度、紊亂的攝食行為很可能導致鮭鱒魚在野外無效的覓食行為(Moyle 1969)，而養殖族群偏好利用高流速的溪流環境(Mesa 1991)，亦同時造成野外覓食效率、游泳能力及續航力比較差(Bams 1967)。另有研究顯示養殖族群捕食野外獵物種類偏少，甚至只會捕食相似獵物，且無法因應季節變換而改變捕食物種(Sosiak *et al.* 1979)。

## 六、結語

目前許多研究偏重於比較同一族群內覓食訊息的傳遞研究，但是針對生存於相同環境下、同一物種、成長背景不同的族群，其群聚間的相互影響行為為何，仍待未來研究加以釐清。此外臺灣淡水魚類覓食行為研究風潮不如歐美普遍，除部分保育類魚種較受關注研究外，較少針對數量多且普遍分布的臺灣鏟頰魚、臺灣馬口魚、粗首鱨、爬岩鰍以及脂鯢等長期生存於四季變化多端的溪流環境物種，在人為開發導致棲地嚴重破碎化的情況及在臺灣夏秋常見的颱風侵襲都對溪流造成劇烈破壞下，生物如何調整本身行為模式以提升個體適存度亦仍待究明。因人為選種導致養殖族群魚卵能更早孵化、仔稚魚成長快速、體型較大，具備野生族群所不可比擬的基礎競爭優勢 (Metcalf and Thorpe, 1992)，因此，長期的養殖以生產大量放流魚苗的行為是否會造成魚類生殖策略的改變，亦需加以關注。另一方面，冷烙法雖在魚類大量標誌上耗費許多人工與時間成本，但是費用低廉、操作容易、標誌留存率高、標誌死亡率低(Bryant *et al.* 1990)，又可細緻製做出個體標誌，將之應用於現今臺灣溪流魚類資源量的復育與評估研究相當適合。

在自然資源日益減少的情況下，魚類放流活動已成為人類迄今復育資源量的選擇方案之一，其頻度及放流數量亦與日俱增，因此，事前資源評估及中間育成研究均是重要工作。此外，關於養殖與野生族群在野外不同群聚組合下所表現出的覓食行為比較研究

則較為少見，當養殖族群進入野外環境時，其對食物的探索及攝食行為是否能表現出與野生族群相同效率的覓食模式？亦有待進一步研究加以釐清。

## 參考文獻

- 呂榮琦 (2009) 探討降低黑鯛魚苗運輸緊迫及增加放流存活率之研究。臺灣大學漁業科學研究所，碩士論文。
- 呂榮琦、李英周、潘明雄 (2008) 魚苗放流中間育成之內涵與實施。臺灣漁業永續發展協會會訊，6，8-10。
- 李英周 (2012) 石門水庫集水區移地復育在地民眾參與生態監測及成效評估(2/2)。主辦機關：經濟部水利署北區水資源局。532 頁。
- 能勢幸雄、石井丈夫、清水誠 (1988) 第六章標識放流法.東京大學出版社，135-152。
- 張惟哲 (2006) 大量魚苗標識與放流之研究。臺灣大學漁業科學研究所，碩士論文。
- 郭慶老 (2002) 台灣海洋物種之標誌放流試驗。台灣海洋學刊，40(1)，13-20。
- 鄭豐洲、張永明、曾萬年 (1996) 花身雞魚的耳石成長與生活履歷關係之研究。台灣水產學會刊，23(2)，79-94。
- Babaluk, J.A. and J. S. Campbell. (1987). Preliminary results of tetracycline labeling for validating annual growth increments in opercula of walleyes. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 7:138-141.
- Bams, R. A. (1967). Differences in performance of naturally and artificially propagated sockeye salmon migrant fry as measured with swimming and predation tests. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 24(5):1117.



- Berejikian, B. A. (1995). The effects of hatchery and wild ancestry and experience on the relative ability of steelhead trout fry (*Oncorhynchus mykiss*) to avoid a benthic predator. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52(11): 2476-2482.
- Berejikian, B. A., E. P. Tezak, S. L. Schroder, T. A. Flagg, and C. M. Knudsen (1999). Competitive differences between newly emerged offspring of captive-reared and wild coho salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 128(5):832-839.
- Birch, L. C. (1957). The meanings of competition. *Am. Nat.*, 91(856):5-18.
- Boyd, R. and P. J. Richerson. (1985). Culture and the evolutionary process. Chicago: University of Chicago Press, 331p.
- Breuning, S. E., D. G. Ferguson, and A. D. Poling. (1981). 2nd-order schedule effects with goldfish- a comparison of brief-stimulus, chained, and tandem schedules. *Psy. Rec.*, 31(3):437-445.
- Brown, C., and K. N. Laland. (2003). Social learning in fishes: a review. *Fish and Fisheries*, 4(3):280-288.
- Brown, C., K. Laland, and J. Krause. ed. (2011). Fish cognition and behavior. Wiley-Blackwell, 472p.
- Bryant, M. D., C. A. Dolloff, P. E. Porter and B. E. Wright. (1990). Freeze branding with CO<sub>2</sub>: an effective and easy-to-use field method to mark fish. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 7:30–35.
- Chang, W. C., Y. C. Lee, C. H. Shih, T. J. Chu and P. H. Chang. 2011. Population size and stocking contribution rates for marked and recaptured black porgy *Acanthopagrus schlegelli*, in Northwestern Taiwan, 2005-2008. *Fish. Res.*, 109:252-256.

- Chang, W. C., Y. C. Lee and C. H. Shih. (2008). The determination of mass marking methods with high marks retention rate for hatchery-reared fry. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 35(2):185-194.
- Day, R. L., T. MacDonald, C. Brown, K. N. Laland and S. M. Reader (2001). Interactions between shoal size and conformity in guppy social foraging. *Ani. Behav.*, 62:917-925.
- Fleming, I. A. and M. R. Gross. (1994). Breeding competition in a pacific salmon (coho: *Oncorhynchus kisutch*): measures of natural and sexual selection. *Evolution*, 48(3):637-657.
- Furuta, S. (1996). Predation on juvenile japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) by diurnal piscivorous fish: field observations and laboratory experiments. In Y. Watanabe, Y. Yamashita and Y. Ozeki eds. Survival strategies in early life stages of marine resources. Pp. 285-294.
- Galef, B. G., Jr. (1988). Imitation in animals: History, definition, and interpretation of data from the psychological laboratory. In T. R. Zentall and B. G. Galef, Jr., Eds. Social Learning: Psychological and Biological Perspectives. pp.3-28. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Gross, M. R. (1998). One species with two biologies: Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the wild and in aquaculture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55:131-144.
- Healey, M. C. and U. Reinhardt. (1995). Predator avoidance in naive and experienced juvenile chinook and coho salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52(3):614-622.
- Hughes, R. N. and C. M. Blight. (2000). Two intertidal fish species use visual association learning to track the status of food patches in a radial maze. *Animal Behaviour*, 59:613-621.

- Ide, L. M., E. C. Urbinati and A. Hoffmann. (2003). The role of olfaction in the behavioural and physiological responses to conspecific skin extract in *Brycon cephalus*. *J. Fish Biol.*, 63(2):332-343.
- Jenkins, T. M. (1971). Role of social behavior in dispersal of introduced rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28(7):1019-1027.
- Krause, J. (1993). The influence of hunger on shoal size choice by three-spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*. *J. Fish Biol.*, 43(5):775-780.
- Krause, J. and G. D. Ruxton. (2002). *Living in Groups*. Oxford Univ. 228p.
- Lachlan, R. F., Crooks, L., and Laland, K. N. (1998). Who follows whom? Shoaling preferences and social learning of foraging information in guppies. *Animal Behaviour*, 56:181-190.
- Lee, Y. C., H. H. Kuo and Y. G. Chen. 2002. Discrimination and stock estimation of wild and released abalone, *Haliotis diversicolor*, using stable carbon and oxygen isotope analysis in northeastern Taiwan. *Fish. Sci.*, 68(5): 1020-1028.
- Lord, R. F. (1934). Hatchery trout as foragers and game fish. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 64:339-345.
- McFarlane, G. A., R. S. Wydowski and E. D. Prince. (1990). External tags and marks, historical review of the development of external tags and marks. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 7:9-29.
- Mcneil, W. J. (1991). Expansion of cultured pacific salmon into marine ecosystems. *Aquaculture*, 98(1-3):173-183.

- Mesa, M. G. (1991). Variation in feeding, aggression, and position choice between hatchery and wild cutthroat trout in an artificial stream. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 120(6):723-727.
- Metcalfe, N. B. and J. E. Thorpe. (1992). Early predictors of life-history events - the link between 1st feeding date, dominance and seaward migration in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J. Fish Biol.*, 41:93-99.
- Milinski, M. (1993). Predation risk and feeding behaviour. In T. J. Pitcher ed. 2nd. Behaviour of teleost fishes. London: Chapman and Hall.
- Morgan, M. J. (1988). The influence of hunger, shoal size and predator presence on foraging in bluntnose Minnows. *Animal Behaviour*, 36:1317-1322.
- Moyle, P. B. (1969). Comparative behavior of young brook trout of domestic and wild origin. *The Progressive Fish-Culturist*, 31(1):51-56.
- Nielson, B. R. (1990). Twelve-year overview of fluorescent grit marking of cutthroat trout in Bear Lake, Utah-Idaho. . *Am. Fish. Symp.* 7:42-46.
- Olla, B. L. and M. W. Davis. (1989). The role of learning and stress in predator avoidance of hatchery-reared coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) juveniles. *Aquaculture*, 76(3-4):209-214.
- Olla, B. L., M. W. Davis and C. H. Ryer. (1998). Understanding how the hatchery environment represses or promotes the development of behavioral survival skills. *Bull. Mar. Sci.*, 62(2):531-550.
- Pickering, A. D. and T. G. Pottinger. (1989). Stress responses and disease resistance in salmonid fish- Effects of chronic elevation of plasma-cortisol. *Fish Physiol. Biochem.*, 7(1-6):253-258.

- Pickering, A. D., Pottinger, T. G. and P. Christie. (1982). Recovery of the brown trout, *Salmo trutta* L, from acute handling stress - a time course study. *J. Fish Biol.*, 20(2):229-244.
- Pitcher, T. (1979). Sensory information and the organization of behavior in a shoaling cyprinid fish. *Animal Behaviour*, 27:126-149.
- Pitcher, T. J. (1983). Heuristic definitions of fish shoaling behavior. *Animal Behaviour*, 31: 611-613.
- Pitcher, T. J. (1993). The behaviour of teleost fishes. Chapman and Hall, London, 715p.
- Pitcher, T. J., A. E. Magurran and I. J. Winfield. (1982). Fish in larger shoals find food faster. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 10:149-151.
- Richkus, W. A. (1978). A quantitative study of inter tide-pool movement of the woolly sculpin *Clinocottus analis*. *Mar. Biol.* (Berlin), 49:277-284.
- Ryer, C. H. and B. L. Olla. (1992). Social mechanisms facilitating exploitation of spatially- variable ephemeral food patches in a pelagic marine fish. *Animal Behaviour*, 44(1):69-74.
- Schmidt, J. (1923). The breeding place of the eel. *Trans. Roy. Soc.* (London), (B) (211), 179-208.
- Shen, S. F., S. L. Vehren W. Y. Liao and H. W. Yuan. (2012). Unfavourable environment limits social conflict in *Yuhina brunneiceps*. *Nat. Commun.*, 3:885. camp, R. A. Johnstone, H. C. Chen, S. F. Chan,
- Sosiak, A. J., R. G. Randall and J. A. Mckenzie. (1979). Feeding by hatchery-reared and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr in streams. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 36(11):1408-1412.

- Steward, C. R. and T. C. Bjornn. (1990). Supplementation of salmon and steelhead stocks with hatchery fish: a synthesis of published literature. Tech. Rep. Idaho Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, University of Idaho, 126p.
- Stone, L. (1872). Trout culture. *Proc. Ain. Fish Culturists' Assoc.*, 1, 46-56.
- Svasand, T., T. S. Kristiansen, T. Pedersen, A. G. V. Salvanes, R. Engelsen, G. Naevdal and M. Nodtvedt. (2000). The enhancement of cod stocks. *Fish and Fisheries*, 1(2):173-205.
- Swain, D. P., B. E. Riddell and C. B. Murray. (1991). Morphological differences between hatchery and wild populations of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): environmental versus genetic origin. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48(9): 1783-1791.
- Vard, P. and A. Zahavi. (1983). The Importance of certain assemblages of birds as information-centers for food-finding. *Ibis*, 115:517-534.
- Walsh, M. G., K. A. Bjorgo and J. J. Isely. (2000). Effects of implantation method and temperature on mortality and loss of simulated transmitters in hybrid striped bass. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 129(2):539-544.
- Warburton, K. and R. Hughes. (2011). Learning of foraging skills by fish. In C. Brown, K. Laland and J. Krause eds. 2nd. Fish cognition and behavior. Blackwell Publishing Ltd.
- Watanabe, Y., Y. Yamashita and Y. Ozeki. eds. (1996). Survival strategies in early life stages of marine resources. Rotterdam, Brookfield, 367p.

陳暉仁、李英周

Woods, C. M. C. and P. J. James. (2003). Evaluation of visible implant fluorescent elastomer (VIE) as a tagging technique for spiny lobsters (*Jasus edwardsii*). *Mar. Freshwat. Res.*, 54(7):853-858.

通訊作者：李英周

電話：(02) 3366-2882，電郵：[i812@ntu.edu.tw](mailto:i812@ntu.edu.tw)。

附錄 (圖)

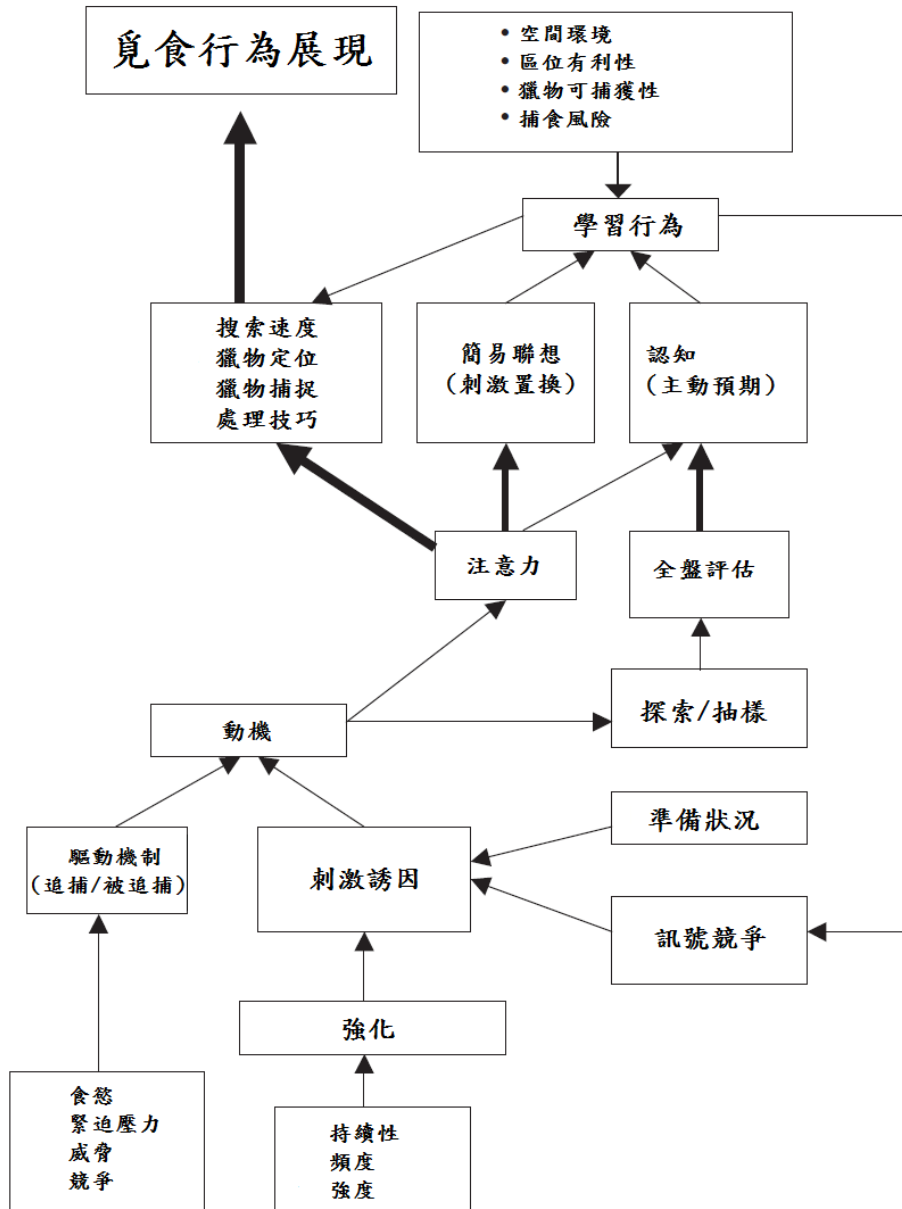


圖 1. 魚類覓食行為機制：呈現覓食、學習及誘因之間的關聯性。  
粗體箭頭表示主要影響 (譯自 Brown *et al.*, 2011)。