

特別報導

鰻魚的繁養殖與資源培育— 近年來水產試驗所的研究進展

劉富光¹、楊順德²、陳冠如²、黃家富²、張格銓²、黃瀛生²、林天生²、黃世鈴²¹水產試驗所、²淡水繁養殖研究中心

日本鰻人工繁殖

本所自 1968 年開始，以養殖多年的鰻魚進行人工催熟試驗，1979 年誘導鰻魚性腺發育成熟，經人工採卵、授精，成功孵化出幼苗（郭與蔡，1980）；1993 年種鰻經人工催熟後可自行產卵、受精並孵化出幼苗，幼苗可活存 25 天（余等，1993；賴等，1995）。然而，接著數年，鰻魚催熟成功率偏低，直至 1998 年溫室設置完成後，在控溫 ($21 \pm 1^{\circ}\text{C}$) 及低照度下，催熟成功的比例才大幅提高，成熟種鰻經誘導注射可自行產卵、受精並孵化出幼苗，但活存仍未超過 25 天。近年來雖然持續有幼苗孵化，但成熟種鰻誘導產卵成功率及再現性並不高，且鰻苗活存日數亦未提高。因此，乃朝鰻魚生殖生理及環境因子等方向探討，迄今獲得的結果為：(1) 孵化後鰻苗活存的最適鹽度為 5–10 psu（張等，2004）；(2) 雄鰻精子活性較高的稀釋鹽度為 16–40 psu（陳等，2005）；(3) 在淡水環境催熟會導致種鰻死亡（陳等，2008）；(4) 催熟過程中血液生理（血醣、蛋白質等）及外觀形質會發生變化；(5) 較適合當作催熟用雌雄種鰻年齡分別為 4 年及 2 年以上。目前研究重點在探討成熟種鰻誘導產卵時機，以便生產優質受精卵。由於高密度養殖下，鰻魚雄性

比例較高，故進行幼鰻雌性化試驗以培育種鰻，初步結果為：鰻線經餵食添加雌二醇的飼料 5 個月，90% 以上可育成雌性種鰻。

鰻魚放流

因為受到全球氣候及海洋環境變遷、河川棲地遭受破壞與污染及濫捕等影響，台灣的日本鰻線資源量並不穩定（曾，2000）；在日本，鰻魚人工繁殖已初步成功，但要達大量生產階段，為期尚遠（張與劉，2011；Masuda et al., 2012）。為保障鰻魚產業的永續經營，如何增加鰻線資源實為當前重要課題。

鰻魚的生活史相當複雜，本所調查鰻魚生態，曾以「水試一號」試驗船在菲律賓東方海域首次捕獲 3 尾柳葉形仔鰻（Liao et al., 1996）。鰻魚成長達一定的年齡及體型後，即降海產卵（張與劉，2004）。另，據本所調查年內族群遺傳結構也發現，日本鰻線彼此間的遺傳分化指數 (fixation index) 均相當低，顯示族群間之分化程度低，為隨機交配 (panmixia) 之族群（張等，2012）。一般認為放流鰻魚對資源培育具有正面意義。本所有鑒於此，自 1976 年起至今，已陸續執行 48 次鰻魚放流工作（放流鰻魚約計 3 萬 9 千餘公斤，10 萬餘尾）。在 2004 年之前的放流種



鰻，均先經外源性激素人工催熟並育成銀鰻後，再放流於海洋；但在2005年，本所邀集相關學者與專家研商檢討放流計畫，考量鰻魚有海水型鰻、河口型鰻及淡水型鰻等不同形式的生態族群(Tsukamoto and Arai, 2001)，乃決議將過去的海洋放流，改為河川及河口放流，一方面便於追蹤瞭解鰻魚的產卵洄游路徑與評估放流效益，另方面節約放流經費。這幾年選定天然鰻魚捕獲量較高的宜蘭河與高屏溪為主要放流河川，另選擇新竹縣鳳山溪、頭前溪與苗栗縣後龍溪作對照(張等，2007；黃等，2007)。此長期的放流工作，對資源的保育已普獲台、日養鰻業界重視與肯定(劉，2005；劉等，2009；劉等，2010；劉，2011)，相關成果也在國際研討會中發表(Liu and Su, 2006; Liu et al., 2010)。

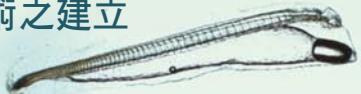
鰻魚種別鑑定及族群遺傳研究

台灣周邊海域計有四種鰻魚分布，其中以日本鰻(*Anguilla japonica*)資源最豐富，次為鱸鰻(*A. marmorata*)，短鰭鰻(*A. bicolor pacifica*)與西里伯斯鰻(*A. celebesensis*)則較少(曾，1982；Tzeng and Tabeta, 1983)。由於近年來日本鰻天然鰻苗嚴重缺乏，影響產業發展至鉅，在其種苗生產技術尚未確立前，業界極思尋求其他替代性種類，其中鱸鰻與短鰭鰻這兩種魚在玻璃鰻幼苗時期不易分辨，一般都視為鱸鰻或俗稱黑鰻。因此，為開發替代鰻種的商業化養殖，有必要建立鰻線的種類鑑別方法，以利產業發展。

過去以鰻線之形質比例或尾端色素分布辨別日本鰻、鱸鰻及短鰭鰻。近年來，一些

生物技術，如同功異構酶電泳、分析粒線體Cyt-b基因等已應用於鰻魚的分類。然而，這些方法較耗時間、靈敏性低且成本高，本所因而開發LAMP(Loop-mediated Isothermal Amplification)技術，僅需1小時便可有效的區別鱸鰻與短鰭鰻，且靈敏性高、成本低(張等，2010)。另外，本所調查台灣鱸鰻分布及捕獲情形時，經與美國國家生物科技資訊中心(NCBI)的資料庫進行比對分析，發現台灣周邊海域應有5種鰻魚，除過去報導的日本鰻、鱸鰻、短鰭鰻及西里伯斯鰻外，另新增呂宋鰻1種(黃等，2010；張等，2011)。

鱸鰻苗育成技術之建立



自從2009年從保育動物名單中被除名解禁後，鱸鰻便成為新興的淡水養殖魚種，也是鰻魚業者尋求替代養殖的對象種之一。本所在多年前即已進行鱸鰻養殖試驗，初步結果認為鱸鰻線經飼育30天後，成長以活絲蚯蚓組最佳，其次是膏狀飼料(林等，2011)。另，研究發現，鱸鰻苗在無光照環境中成長較佳，而增加鹽度可適度控制疾病，提高育成率。太早以鰻粉進行馴餌會影響其成長，以自製低成本膏狀飼料投餵，則可延緩鰻粉馴餌時間(林與劉，2012)。本所已初步建立鱸鰻養殖技術，當可供業界參考。

開發高效能飼料改善養鰻品質

目前台灣鰻魚養殖的人工飼料可分為沉性粉狀與浮性粒狀兩種。但在幾年前，日本方面反映台灣養殖鰻魚的品質似乎有下降的

特別報導

趨勢，浮性飼料被認為是主要因素；國內也有部分研究指出，使用粉狀飼料者在肉質及體表呈色上皆較浮性飼料佳。然而，目前養鰻業界為求養殖管理之便及為免污染水質，以投餵浮性飼料居多；因此，開發高效能鰻魚浮性飼料，以改善肉質不佳等問題，將有助於提升養殖鰻魚品質與穩固日本市場。

本所歷經 5 年的研發結果為：(1)水試所自製浮料飼養的鰻魚，其肉質的抗氧化效果明顯優於市售浮料，在解凍後的汁液流失顯著較餵飼市售浮料者少；(2)在養殖兩個月後，市售浮料鰻體色及肉色偏紅黃，而水試浮料則有改善的效果；(3)在鰻肉呈味胺基酸和肌肽含量方面，水試浮料和市售粉料顯著高於市售浮料鰻（楊等，2011a）；(4)由台、日雙方鰻界相關人士官能品評結果，水試浮料鰻肉質表現顯著優於日本飼養之鰻魚及市售浮料鰻；(5)藉由優化浮性飼料配方，在後段肥育期餵食兩個月後，即可達到改善養殖鰻魚肉質的效果；(6)水試浮料的單位成本效益高於一般浮料或粉料（楊等，2011a）。

開發鰻苗人工膏狀飼料取代絲蚯蚓馴餌

鰻線培育是鰻魚養殖過程中重要的起始關鍵，因為鰻線的健康將影響日後養鰻經營的成敗。傳統鰻線養殖多以絲蚯蚓來馴餌，經過 1–2 週的馴餌與轉料後，由攝食天然餌料逐漸改成人飼料，同時也訓練鰻苗由分散攝食轉為集中攝食。然而，絲蚯蚓係生活於富含有機質的水域，常受到污染而帶有各種病原，極易感染鰻線。再者，以抗生素等

化學藥劑消毒絲蚯蚓後，再將之投餵鰻線，也可能導致鰻體藥物殘留的問題。此外，鰻苗費是養鰻成本最大的支出，約佔 40–65% 或更高，鰻苗單價又因天然鰻線短缺而居高不下，所以在鰻魚人工種苗尚未能量產前，只有提高鰻苗育成率才有降低鰻魚生產成本之空間（楊與劉，2011）。

日本在 1984 年即開始以膏狀飼料馴餌，目前幾乎完全以膏狀飼料取代絲蚯蚓。台灣亦有業者自日本進口鰻線膏狀飼料，但售價頗高，徒增養殖成本，因而，開發本土性的鰻線人工飼料便有其必要性。本所經過三年的研發改良，已開發出嗜口性佳、易消化吸收並能與馴餌後期的初期鰻粉料銜接，又可長期安定保存的鰻線人工膏狀飼料，且其成本價格僅為日製飼料的 1/3 到 1/4。此外，在一系列的試驗中也發現，鰻苗經過人工膏狀飼料馴餌後，魚體所含總生菌數明顯低於餵絲蚯蚓者，尤其是檢測不出有愛德華氏菌，但以絲蚯蚓馴餌者所含愛德華氏菌為 3.9×10^5 CFU/g，顯示以膏狀飼料馴餌較為方便安全衛生，並可提高活存率與養成率（楊等，2011b）。

鰻魚養殖之健康管理

台灣的鰻魚養殖肇始於 1923 年，但至 1956 年才由當時的本所鹿港分所（即現在的淡水繁養殖研究中心）養殖試驗成功，並推廣至民間業者。1966 年開始商業化養殖，1968 年因外銷日本成功，加上日本向台灣購買鰻苗的利益誘因，乃帶動養鰻事業的蓬勃發展。台灣養殖鰻魚主要外銷日本，不但是

漁民生計之所繫，更為國家賺取大量的外匯，在1991年產值高達5億6仟萬美元，佔當時日本市場供應量的50%以上，為台灣贏得養鰻王國的美譽。多年來，鰻魚獨佔鰲頭，扮演養殖龍頭的角色，將之視為養殖旗艦魚種實在當之無愧。

目前台灣養鰻產業正面臨鰻苗供應不穩定、水土超限使用、國際強大競爭及品質衛生安全等問題。其中對於外銷競爭力與市場開發影響最鉅者莫過於衛生品質問題，近年來由一些不良產品遭到日本或歐盟市場退貨的情形，便可一葉知秋了。因此，養殖環境的調控、池鰻的健康管理、鰻病的預防與治療等，為確保品質衛生與產業發展的首務。

本所鑑於過去鰻病防治的相關手冊或著作，均偏向於病原的鑑定與診治，對於鰻池的環境維護、病害預防等少有著墨，且因資料陳舊並未涵蓋現代養殖產品極為注重之品質衛生以及生產履歷的觀念。因此，亟需以新思維、新知識及新策略來編撰符合產業需求的健康管理專書。加之，時任台灣區鰻魚發展基金會李理事長華洋與台灣區鰻蝦輸出業同業公會張理事長贊化也都持相同的看法並極力促成，乃有本書「鰻魚養殖之健康管理」之誕生（水試所，2006）。相信此書可供養鰻業者養殖管理、病害預防與安全衛生等方面的參考。

參考或發表之研究報告

一、所外部分

Masuda Y., Imaizumi H., Oda K., Hashimoto H., Usuki H. and Teruya K. (2012) Artificial

completion of the Japanese eel, *Anguilla japonica*, life cycle: challenge to mass production. Bull. Fish. Res. Agen., 35: 111-117.

Tzeng, W. N. and O. Tabeta (1983) First record of the short-finned eel *Anguilla bicolor pacifica* elvers from Taiwan. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 49: 27-32.

Tsukamoto, K. and T. Arai (2001) Facultative catadromy of the eel *Anguilla japonica* between freshwater and seawater habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser., 220: 265-276.

曾萬年 (1982) 記台灣新紀錄之西里伯斯鰻線。生物科學，19: 57-66。

曾萬年 (2000) 從生產法則談漁業資源永續利用。永續農業與環境教育，55-66。

二、所內部分(以年度排序)

郭河、蔡添財 (1980) 鰻魚人工繁殖。台灣省水產試驗所試驗報告，32: 519-531。

余廷基、蔡中利、蔡永舜、賴仲義 (1993) 白鰻誘導繁殖試驗。水產研究，1(1): 27-34。

賴仲義、張湧泉、陳冠如、余廷基 (1995) 日本鰻 *Anguilla japonica* 生殖腺發育及人工催熟之研究。水產研究，3(2): 143-149。

Liao, I C., C. L. Kuo, W. N. Tzeng, S. T. Hwnag, C. L. Wu, C. H. Wang and Y. T. Wang (1996) The first time of leptocephali of Japanese eel *Anguilla Japonica* collected by Taiwanese researchers. J. Taiwan Fish. Res., 4(2): 107-116.

張湧泉、劉富光 (2004) 鰻魚的生殖生態。水試專訊，6: 39-41。

張湧泉、陳永欣、賴仲義、劉富光 (2004) 日本鰻仔鰻活存之最適鹽度研究。水產研

特別報導

究, 12(1): 25-31。

陳冠如、白志年、郭珮慈、賴曉曇、賴仲義、劉富光 (2005) 鹽度對雄鰻精子活力之影響。水試專訊, 10: 16-17。

劉富光 (2005) 台灣鰻魚放流。中日鰻魚研討會。

Liu, F. G. and M. S. Su (2006) Stocking programs of Japanese eel in Taiwan. Symposium on Population genetics, Stock Assessment and Restocking of the Freshwater Eel, 5 July, National Taiwan University, Taipei.

行政院農業委員會水產試驗所 (2006) 鰻魚養殖之健康管理。水試所特刊第 8 號, 249 pp。

張賜玲、林世寰、謝介士、鄭新鴻、劉富光、陳紫媖、蘇茂森、曾萬年、蘇偉成 (2007) 養殖日本鰻野放後之適應行為之探討。水產研究, 15(2): 33-42。

黃瀛生、劉富光、黃家富 (2007) 鰻魚河川放流效益調查。水試專訊, 19: 22-23。

陳冠如、白志年、劉富光 (2008) 在淡水環境中進行激素催熟注射導致日本鰻死亡。2008 年台灣水產學會學術論文發表會壁報論文, APN-04。

劉富光、黃家富、黃瀛生 (2009) 台灣的鰻魚放流。2009 台日鰻魚資源與養殖管理講習研討會。

Liu, F. G., C. F. Huang, Y. S. Huang, Y. H. Lee, T. I. Chen, M. S. Su, W. C. Su, W. N. Tzeng and S. H. Lin (2010) Restocking Programs of Japanese Eel in Taiwan. International Symposium on Tuna and Billfish Tagging. 7-12 Nov., Eastern Marine Biology Research Center of Fisheries Research Institute,

Taitung, Taiwan.

張格銓、黃瀛生、林天生、丁惠茹、劉富光 (2010) 快速鑑別鱸鰻與短鰻技術之研發—環式恆溫擴增法 (LAMP) 之應用。水產研究, 18(1): 47-53。

黃瀛生、張格銓、劉富光 (2010) 台灣海域發現新鰻種—呂宋鰻。水試所電子報 56 期。

劉富光、黃家富、黃瀛生 (2010) 台灣鰻魚的放流。鰻魚洄游生態研究研討會, 11 月 5 日, 行政院農業委員會漁業署, 台北。

林天生、楊順德、劉富光 (2011) 鱸鰻苗育成技術之建立。水產試驗所 2010 年報, p. 21。

張湧泉、劉富光 (2011) 日本鰻 (*Anguilla japonica*) 之完全養殖。水試專訊, 36: 50-52。

張格銓、黃瀛生、劉富光 (2011) 臺灣海域到底有幾種鰻魚? 水試所電子報 66 期。

楊順德、劉富光 (2011) 鰻魚苗的飼育及餌料簡介。鰻魚品質向上講習座談會。

楊順德、董聰彥、周瑞良、藍惠玲、陳冠如、白志年、劉富光、陳紫媖 (2011a) 比較兩種浮性飼料對日本鰻之成長與肉質的影響。水產研究, 19(1): 17-28。

楊順德、張錦宜、周瑞良、劉富光 (2011b) 開發日本鰻苗人工膏狀飼料取代絲蚯蚓馴餌。2011 台灣水產學會學術論文發表會論文摘要集, DO-07, p. 36。

劉富光 (2011) 回顧台灣的鰻魚放流。水試專訊, 36: 21-25。

林天生、劉富光 (2012) 鱸鰻苗育成技術之建立。水產試驗所 2011 年報, p. 18。

張格銓、黃瀛生、張湧泉、劉富光 (2012) 臺灣地區日本鰻鰻線之年內族群遺傳結構。水產研究, 20(1): 51-59。