

日本鰻 (*Anguilla japonica*) 之完全養殖

張湧泉、劉富光 摘譯

水產試驗所淡水繁養殖研究中心

日本鰻 (*Anguilla japonica*) 養殖所需的鰻苗，長久以來係自天然海域捕撈。2010 年日本「水產綜合研究中心」領先全世界，成功建立日本鰻之完全養殖技術，從此展開了不需依賴天然鰻苗資源之日本鰻養殖新紀元。

完全養殖的關鍵

在邁向完全養殖的道路上，最大的障礙是將孵化之仔魚，經人工培育成稚魚（鰻線）之過程。過去因為對其成長所需的餌料與環境條件所知有限，以致孵出的仔魚都無法育成鰻線，很快就全數死亡。

生活史之究明與人工種苗生產研究之進步

日本從 1960 年代開始進行日本鰻催熟之研究，並於 1967 年首次捕獲日本鰻的柳葉鰻 (*Leptocephalus*)。在 1973 年，「北海道大學」領先全世界成功人工孵化鰻苗的同時，「東京大學海洋研究所」的「白鳳丸」調查船採集到 52 尾柳葉鰻。1991 年，「白鳳丸」再次採集到大量的小型柳葉鰻，「愛知縣水產試驗場」成功地將變性雌魚養成種魚，經催熟產卵後，孵化出仔魚，這些成果奠定了日後「水產綜合研究中心」在日本鰻人工種苗

生產技術之快速進展的基礎。

人為促進成熟、人工孵化與飼育所得到的知識，提供了野生仔魚棲息環境與種魚游泳水深之線索，也與 2005 年成功採集柳葉鰻及 2008、2009 年捕獲種魚有關。另一方面，由於捕獲了天然幼生，乃訂定了飼育人工孵化仔魚之目標，參考實際捕獲水域環境之數據而修正了飼育之環境條件。兩方面之研究相輔相成、互相提供資訊，終於在本世紀初達成成功飼育仔魚的目標，並進一步究明其海洋生活史。

花費了 40 年才育成稚魚

90 年代初，在日本「養殖研究所」開始從事日本鰻人工種苗生產技術之開發以前，雖然受精卵可以孵化，不過因為所使用的種魚是降海鰻，可確保試驗魚之數量與季節均有限，導致催熟的成功機率低，優質卵很少。另外，即使得到卵，也因雄鰻成熟度差，無法獲得活性高的精子，順利完成授精。縱然在千載難逢的好條件下成功孵化仔魚，卻因不知餌料為何，而且得到仔魚之機會極為偶然，無法事先準備各種餌料，而未能計畫性地實施飼育試驗。

在「水產綜合研究中心」，人工種苗生產所使用的雌魚是根據「愛知縣水產試驗場」開發的方法，使用雌性化的養殖魚，全年都

可以充足地供應試驗所需。不過，很難得到優質卵，其原因為無法掌握催熟與促進排卵之賀爾蒙的最適投與時機。後來查明了原因，開發了採樣一部分卵用顯微鏡觀察，藉以判別適當時機的技術。在雄鰻的精子方面，先採樣一部分確認活性後，予以稀釋並冷藏保存，以供採卵後隨時可以使用。結果，可以孵出仔魚的機會顯著地提高，也可以計畫性地執行仔魚餌料之研究。

「養殖研究所」及當時的「日本栽培漁業協會」(目前稱為水產綜合研究中心栽培漁業中心)，有各種海產魚仔魚飼育之經驗與技術，在很多研究人員及技術人員的共同努力下，進行了各種餌料試驗後，終於找到了有效餌料—鯊魚卵。之後，在鰻線育成方面，由民間企業共同研究開發之改良飼料也有莫大的助益。

日本鰻仔魚成長為柳葉鰻時，形似柳葉、體呈透明狀。2002 年春天，體長超過 5 cm 的柳葉鰻很快地變態為鰻線，領先全世界首先達成目標。

鰻線誕生以後的進步

育成鰻線後，2005 年開始進行官學合作計畫，網羅了水產綜合研究中心、大學及縣試驗機關等共同參與，幾乎集結全日本的日本鰻相關研究人員，以將孵化後偏低的活存率提高 10 倍為目標，致力於種魚養成與催熟技術之精進、仔魚期餌料之開發及飼育環境之最佳化等課題。

「水產綜合研究中心」團隊針對孵化後活存率較高之優質卵進行成分分析，結果顯

示維生素 C、A、E 等是重要的，不同維生素種類經口投或注射後被強化，使卵質得到改善。另外，為了促進種魚的成熟，必須調整溫度，而卵及仔魚飼育溫度與飼育水鹽度之調整，可以減少畸型之發生。此處所闡明之適合飼育條件與 2009 年「開洋丸」調查船所採集柳葉鰻之棲息環境非常一致。

另外，體長僅數毫米的仔魚有許多會因水之表面張力的影響，曝露在空氣中而死亡，經過水質調整後可以防止此種現象，進而提升幼苗初期飼育之安定度。綜合以上飼育結果，將孵化後第 100 天僅 0.2% 的活存率，大大地往上提升。

優質卵之確保與仔魚之飼育方法

日本鰻的採卵是以人工授精為主流，不過「水產綜合研究中心」所屬之「志布志栽培漁業中心」將雌、雄鰻置入同一水槽，備齊適切的成熟與誘導水溫等條件，予以溫度刺激 (+2°C)，誘導其自然產卵。結果每週可以得到大量的良質受精卵，解決仔魚供給不穩定之問題。

首先，簡單地說明如何飼育成鰻線。將數個至十數個 10 公升盆型水槽排在棚架上以方便作業。日本鰻仔魚(柳葉鰻)的餌料是以鯊魚卵為主體之液狀飼料。投餌時，停止注水，用吸管等將餌料注入水槽底部。柳葉鰻於燈亮時，會有聚集在底部的特性，投餌時照明有利於幼苗攝餌。投餵 15 分鐘後，注水將水槽底部之殘餌清洗掉。此作業每天早上 7 時開始，每隔 2 小時 1 次，計進行 5 次，最後 1 次給餌後，以虹吸方式將魚隨著

水移往新的水槽。

如此持續地飼育，柳葉鰻在孵化後 150－500 天變態為鰻線。「志布志栽培漁業中心」在著手飼育試驗的第 3 年（2004 年），繼「養殖研究所」之後，將孵化仔魚成功地飼育成鰻線，確認了此飼育技術。

「嘗試錯誤」的 100 公升水槽

雖然用 10 公升水槽成功飼育出數十尾鰻線，但主要目標是大量飼育數萬、數十萬尾的鰻線。因此接下來的步驟是將水槽尺寸增大 10 倍，分別使用 100 公升圓形或橢圓形水槽作飼育試驗。

幼苗孵化後 20 天內的活存率，起初在 100 公升水槽遠不及 10 公升水槽，原因可能是增加 10 倍後，幼苗受到注水衝擊或被排水網吸附而死亡。因此，嘗試改善注水裝置的穩定性及擴大排水網的面積。目前幼苗孵化 20 天的活存率，結果最好的情況是圓型水槽 70%，橢圓形水槽 43%。

將人工鰻線養至成魚

好不容易地逐批少許養育的人工鰻線，將其養成至種鰻，讓其孵化下一代的完全養殖只是時間問題。不過每次蒐集在一起的人工鰻線數目並不齊全，而且有成長差異，為了防止殘食必須分開在許多小型水槽飼養，只有少數能被養至成魚。

在養殖環境下，日本鰻幾乎全是雄性。為得到採卵所需的候補雌種鰻，必須在成長初期階段（從鰻線開始約 4－6 個月）連續投

餵添加雌性賀爾蒙的餌料，使其變為雌性。

完全養殖之達成

「志布志栽培漁業中心」於 2009 年 12 月，對 26 尾人工養殖的日本鰻，進行生殖腺採樣，確認有雌、雄鰻及雌鰻具有可能會成熟的卵。

為了將其催熟，2010 年 1、2 月起分別對雄鰻及雌鰻多次投與賀爾蒙，結果確認雄鰻在第 7 週排精，雌鰻在第 8 週成功地被誘導排卵。將卵人工授精，於第 2 天孵化仔魚約 24 萬尾，誕生了全世界首次的完全養殖日本鰻，成功的將人工鰻養成至種鰻、產卵，得到第 2 代的人工鰻。孵化後的仔魚在 4 月 2 日開始攝餌，目前正順利朝鰻線方向成長。

邁向大量生產

人工飼育試驗剛開始時，1 年僅生產數尾人工鰻線，隨著催熟、採卵技術及至孵化後第 20 天的初期飼育技術的進步，近年已有年產量超過 100 尾之成果。另一方面，目前的飼育技術仍不足以供應養殖所需的鰻苗，所以必須盡全力致力於開發鰻苗大量生產的技術。

註：綜合取材自

1. 水産総合研究センター (2010) うなぎ完全養殖達成—うなぎ完全養殖への道。FRANEWS, 23: 12-15。
2. 水産総合研究センター (2010) うなぎ完全養殖達成—完全養殖の達成と量産飼育への挑戦。FRANEWS, 23: 16-19。