

## 飯島氏銀鮠 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919)

### 人工繁養殖及幼苗發育

## Induced Spawning and Larval Development of the Taiwan Gudgeon *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919)

賴弘智<sup>1</sup> 熊文俊<sup>1</sup> 林翰揚<sup>1</sup> 施志昫<sup>2,\*</sup>

Hong-Thih Lai<sup>1</sup>, Wen-Chun Hsiung<sup>1</sup>, Han-Yang Lin<sup>1</sup> and Jhy-Yun Shy<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立嘉義大學水生生物科學系 嘉義市學府路 300 號

<sup>2</sup> 國立澎湖科技大學水產養殖系 澎湖縣馬公市六合路 300 號

<sup>1</sup> Department of Aquatic Biosciences, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Aquaculture, National Penghu University, Penghu, Taiwan

\*通訊作者：jyshy@npu.edu.tw

\*Corresponding author: jyshy@npu.edu.tw

### 摘 要

飯島氏銀鮠 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) 為台灣特有種，僅分布於台灣中北部的後龍溪水系，屬於小型淡水魚類，兼具生態與觀賞價值，由於近年來棲地破壞及環境汙染的問題，使其族群分布範圍與數量減少，已逐漸成為罕見魚種。本研究利用注射土虱魚(*Clarias* sp.)腦下垂體研磨液與促黃體釋放激素類似物(luteinizing hormone-releasing hormone analogue, LRH-A)混合液，進行人工催熟與自然產卵方式，進行繁殖與育苗試驗，以瞭解飯島氏銀鮠之生殖習性與魚苗發育過程，期望逐步建立飯島氏銀鮠之繁殖與幼苗發育的基礎生物學資料，並應用於種原庫的建立及自然環境中之復育。研究結果顯示，飯島氏銀鮠主要將卵產於水生植物的沈水部位，魚卵卵徑平均 1.11 mm，呈透明、光滑、沈性且帶黏性，在水溫 24-26°C 的環境中約產出後 5 hr (5 HAS) 進入原腸期，12 HAS 可觀察到肌節，13-14 HAS 可觀察到心跳與耳石，39-48 HAS 孵化。初孵化魚苗全長平均為 3.4 mm，孵出第 5 天可開始攝食餌料，第 9 天觀察到感覺芽，第 11 天背鰭發育完全，第 15 天臀鰭發育完全，

第 23 天腹鰭發育完全，第 31 天鱗片發育完全，此時與成魚的外表形態類似。

## Abstract

The Taiwan gudgeon *Squalidus ijimae* (Oshima, 1919) is a small native freshwater fish, inhabiting in brooks and small lakes of the North-western Taiwan. Due to environmental deterioration resulted from habitat destruction and water pollution, its population has been gradually declining and becoming rare or extinct in many parts of its original ranges. We induced spawning of the fish in the laboratory with injecting a mixed solution of LRH-A and grounded pituitary glands of walking catfish (*Clarias* sp.), observed its spawning habit, and examined its embryonic and larval developments at water temperatures of 24-26°C. The fertilized eggs had an average diameter of 1.11 mm. They developed to the stages of gastrula at about 5 HAS (hours after spawning), and of embryos with myotomes at about 12 HAS and with heart beats and otoliths at 13-14 HAS. The larvae were hatched at 39-48 HAS. Newly hatched yolk-sac larvae had total lengths at an average of 3.4 mm. The larvae started feeding on 5 DAH (days after hatching), and developed sensory buds on 9 DAH, dorsal fin on 11 DAH, anal fin on 15 DAH, pelvic fins on 23 DAH, and scales on 31 DAH.

**關鍵詞：**飯島氏銀鮡、人工繁殖、胚胎發育、魚苗發育

**Key words :** *Squalidus ijimae*, induced spawning, embryonic development, larval development

收件日期：97 年 4 月 30 日

接受日期：97 年 9 月 5 日

Received: April 30, 2008

Accepted: September 5, 2008

## 緒 言

飯島氏銀鮡 *Squalidus ijimae* (Oshima, 1919) 屬 鯉 形 目 (Cypriniformes)、鯉 科 (Cyprinidae)、鮡 亞 科 (Gobioninae)，早期多稱為飯島氏麻魚、飯島氏頷鬚鮡、台灣頷鬚鮡、車栓子，英文名則為 Taiwan gudgeon (陳及于 1986；沈 1993；陳及方 1999；陳及張 2005)。

飯島氏銀鮡主要棲息於流速低的溪流或潭區內。鰭式及鱗列特徵為背鰭 3, 7；臀鰭 2, 6；胸鰭 16；腹鰭 7；咽頭齒 5.3-3.5；側線鱗

33-35。魚體延長，側扁，腹部圓。頭中大，頭頂稍隆起。吻端尖。眼頗大，上位。口斜裂而開於吻端，上頷長於下頷。唇薄。有 1 對鬚，其長度約為眼徑的一半。體被中大型的圓鱗。側線完全，沿體側中央而延伸至尾柄中部。胸鰭末端幾乎可達腹鰭基部。臀鰭以前方鰭條為最長。體背側呈灰褐色，頭背部為灰黑色，腹部白色。沿體側側線附近有一條不甚明顯的黑色縱帶，帶有金色光澤，每一個鱗片上均具有黑點。背鰭鰭條亦具黑色點。尾鰭微黑色，有黑色點 (曾 1986；沈 1993；陳及方 1999；陳

及張 2005)。游動與食性皆偏向水域中、下層(約 0.7-3.0m)，喜棲息在水質條件為 pH 7.8-8.5、DO > 75%、濁度(0-80 NTU) 及流速較慢 (<40 cm·s<sup>-1</sup>) 的水域中 (Chen 2008)。飯島氏銀鮡喜歡在接近水底處翻攪砂礫或水生植物，以藏身其間之小型水生昆蟲、蝦類或有機碎屑為食，喜好成群活動。

飯島氏銀鮡為台灣特有魚種 (陳及方 1999)，且頗為罕見，目前較大族群僅發現於苗栗縣後龍溪上游流域，如大湖溪等水域 (Chen and Chang 2007)，但目前由於棲地受到破壞、違法電魚、水壩的建造及外來種入侵之故，已成為罕見種類 (Chen 2008)。往年由於此種魚於每年 3-4 月起，南風颳起且氣候開始變暖時，便會大量出現，故苗栗當地居民稱之為「南風」魚，並常於此時設置籠具捕捉食用。由於目前對飯島氏銀鮡的研究多僅局限於分類及演化探討，較缺乏生態或生殖習性的研究，因此本研究進行飯島氏銀鮡人工繁殖、孵化與育苗等實驗，並探討其成長模式，期望能建立飯島氏銀鮡的基礎生物學，為復育及種原保存建立基礎資料。

## 材料與方法

飯島氏銀鮡採集地點為苗栗縣後龍溪上游的大湖溪水域(120°52'28"E， 24°26'33"N)，同時使用竿釣與籠具進行採集，自 2003 年 2 月至 4 月間，共採集 2 次，計採獲健康種魚 20 餘尾，採得之種魚置於充氧的活魚袋中，並於 6-7 hr 內運送回實驗室馴養。種魚馴養於玻璃水族箱中，並觀察其棲息、活動與攝食等習性。蓄養水質條件為水溫 25-26°C，pH 6-8，每天光照 12 hr。飯島氏銀鮡在馴養約 2-3 個月後，由外觀可觀察到母魚腹部有顯著之膨脹現象，雄魚頭部長出追星 (nuptial tubercle)，且輕壓腹部有白色精液流出，此時即開始進行人

工繁殖試驗。

進行人工繁殖試驗時，挑選成熟雌雄種魚各 10 隻，進行 2 劑注射催產，催產注射前以 300 ppm 的二苯氧基乙醇 (2-phenoxyethanol) 進行麻醉。注射時間第一劑為 7:00 注射，第二劑為 13:00 注射，注射液為土虱魚 (*Clarias* sp.) 的腦下垂體研磨液和促黃體釋放激素類似物 (luteinizing hormone-releasing hormone analogue, LRH-A) 混合液。平均每尾種魚每次注射劑量為腦下垂體研磨液 10 µg/g，LRH-A 為 0.2 µg/g (劉及何 1992)，經過第 2 次注射的種魚，隨後移至 90L 產卵桶中待產。

產卵桶底部放置石塊與瓦片，此外，也置入本實驗室附近水邊所採的陸生密毛小毛蕨 (*Cyclosurus parasiticus* (L.) Farw) 葉片、塑膠繩與浮水性植物大萍 (*Pistia stratiotes*)，供飯島氏銀鮡產卵，以觀察其產卵嗜性。產卵桶四周用黑布包覆，以防止種魚受到驚嚇。產卵後，將種魚移出產卵桶，留下受精卵進行卵發育階段之觀察。除以萬能投影機 (Topcon Profile Projector VP-300) 測量卵徑外，同時也拍照並記錄胚胎發育之變化，另計算魚卵發育之積溫值 (cumulative temperature) (Handeland *et al.* 2004)。孵化後之魚苗蓄養於室內，水溫保持平均 26°C，並於魚苗開始攝食時，每日於日間餵食魚苗飼料 5 次，約每隔 3 hr 餵食 1 次。每日取樣 3-5 尾測量全長與體高，若有顯著發育階段變化與特徵形成，則拍照並記錄，並將魚苗標本浸泡於 3.5% 中性福馬林 (formalin) 中保存。

為了探討飯島氏銀鮡魚苗在本研究期間的成長模式，本研究以直線迴歸模式 (linear regression)、成長模式 (growth curve) (Geisser 1980) 與常用的魚苗 Gompertz 成長模式 (Ricker 1979; Britton and Harper 2008) 進行模式統計推算與比較。

## 結 果

### 一、產卵習性與產卵數

經過催產注射的飯島氏銀鮰，在第 2 劑注射後約 6-7 hr 即發現開始追尾與產卵，經計數後發現共產下約 300 餘顆卵，產卵位置多數集中蕨類葉片上，由此推測其產卵位置可能喜好在水生植物上。此外，在產卵桶底部的石塊與瓦片也發現有部分受精卵，應是未能即時黏附於蕨類葉片上而沈降至水底。黏附於蕨類葉片上的卵粒多能正常發育，而掉落至底部者，可能因為受到沈積物覆蓋的影響，多有發黴現象以致於孵化比例相當低。

### 二、魚卵特徵

飯島氏銀鮰的魚卵為圓形，卵徑平均 1.11 mm，為透明的沈性帶黏性卵，表面光滑，幾近於全透明，無色素，也未觀察到油球 (oil globule)，產出後開始分裂發育 (圖 1A)。

### 三、魚卵發育

5-6 HAS (hours after spawning) 觀察時發現大部分受精卵已經進入原腸期 (gastrula stage)，在產卵後 11-12 HAS，已可觀察到肌節和眼點，13-14 HAS 可觀察到明顯的心臟跳動，耳石也已經出現，39-48 HAS 魚苗多已孵出 (表 1)。其孵化積溫值為 41-52 degree-days。

### 四、魚苗孵化與發育

剛孵出的飯島氏銀鮰魚苗幾近於全透明，無色素點，體長平均 3.4 mm，卵黃囊相當大，其前端可達頭部 (圖 1B)。眼部在頭部前端偏下側，耳石位於卵黃囊上側。剛孵出之魚苗多靜止黏附於水草、桶壁與底部，但若受刺激，則可進行短暫移位。

孵出後 1 天 (1 DAH, Days after hatching) 的魚苗，色素點增多，眼部可轉動，卵黃囊顯著縮小，口部尚未發育完全，囊部前端後縮至

頭部耳石位置的後方，已可觀察到鰓弧出現。

2 DAH 的魚苗，色素點持續增加，因而可觀察到體色加深，鰓瓣形出現，已可觀察到胸鰭。卵黃囊較前一天更小，消化道逐漸發育，且並未觀察到消化道有食物的跡象。此階段仍然附著於周邊的物體上。

5 DAH 的魚苗卵黃囊已完全吸收，開始游動，且已經可以開始攝食微細餌料；尾鰭開始發育。

9 DAH 的魚苗可觀察到全身體表發育出感覺芽 (sensory bud)，芽上有毛 (圖 1C, 1D) (Dijkgraaf 1962；孟等 1987；落 1987)，以頭部最為明顯；背鰭褶開始出現分化，尾鰭條出現。

11 DAH 的魚苗脊椎末端逐漸上揚，尾鰭開始出現分岔，背鰭發育完全，臀鰭褶出現，鰓明顯的發育成兩室。

15 DAH 的魚苗尾鰭分岔明顯且完全，背鰭與尾鰭上有色素斑，腹鰭芽出現。

16 DAH 的魚苗位於尾鰭基點的黑點消失，背鰭、尾鰭上的色素斑有逐漸消失的現象。

21 DAH 的魚苗腹鰭發育完全。

27 DAH 的魚苗已經觀察到開始長出的鱗片 (圖 1E)。

30 DAH 的魚苗，已可清楚觀察到魚鱗。

飯島氏銀鮰魚苗發育過程全長與主要特徵如表 2。

### 五、成長模式

飯島氏銀鮰魚苗成長之體全長與時間變化如圖 2，此處 TL 代表魚體長 (total length, mm)、 $t$  為成長天數 (days)，其成長曲線分別配適不同的模式，其結果如下：

(a) 直線迴歸模式：

$$TL = 2.45 + 0.49 \times t$$

其中魚苗的成長速率為 0.49 mm/day，其配適直線迴歸模式的 Adjusted  $R^2$  值為 0.89，Residuals 為 181.29。

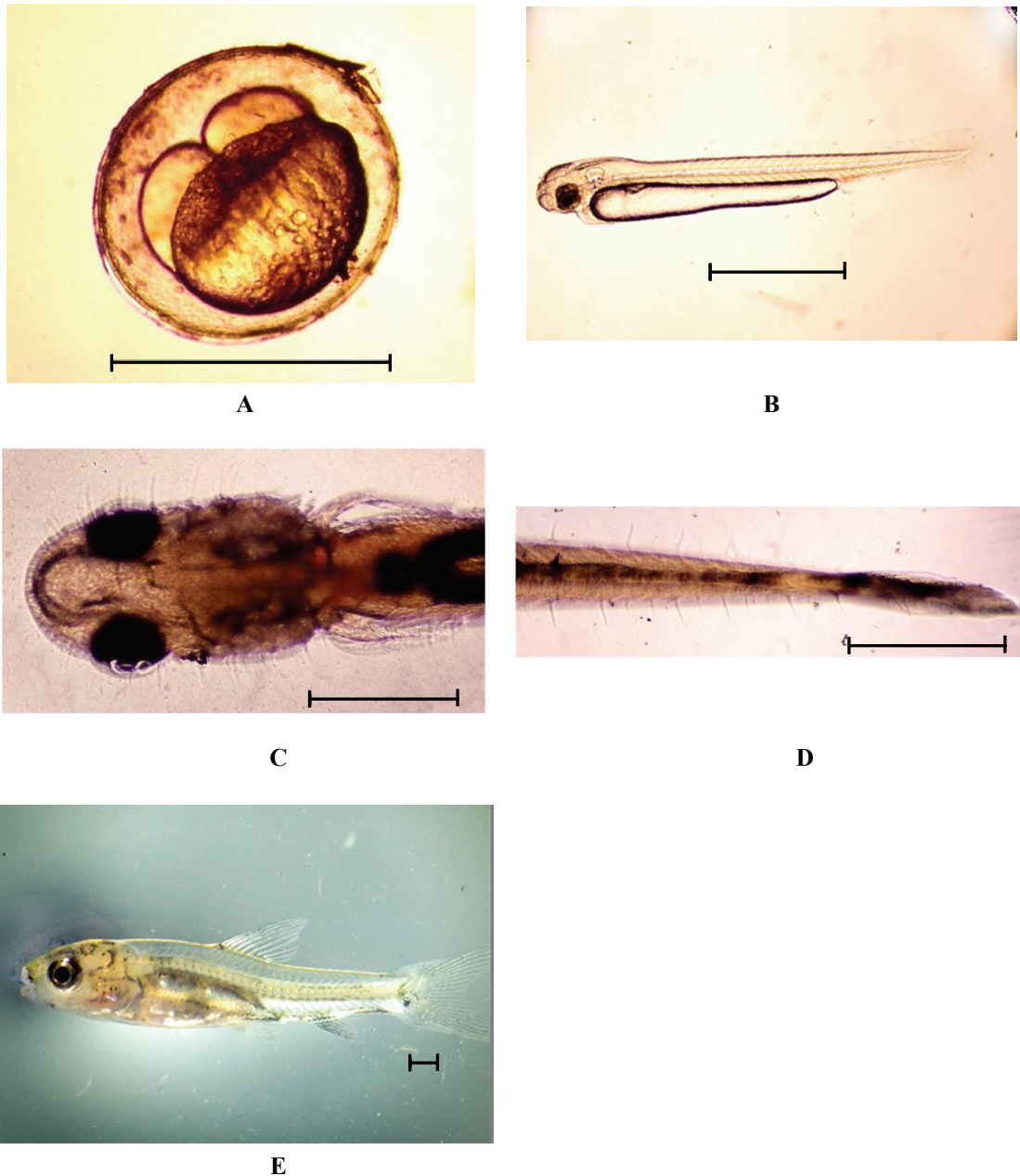


圖 1. 飯島氏銀鮡 *Squalidus ijimae* (Oshima, 1919): A, 開始卵裂發育的受精卵; B, 剛孵出的魚苗; 孵出 9 天的魚苗可觀察到頭部(C)與尾部(D)的感覺芽; E, 孵出 27 天的魚苗, 已經可以觀察到鱗片的發育。(比例尺= 1 mm)

Fig. 1. *Squalidus ijimae* (Oshima, 1919): A, embryo beginning to cleavage; B, newly hatched larva; larva on 9 DAH with sensory buds on head (C) and tail (D); E, larva on 27 DAH with scales clearly observable. (Scale = 1 mm)

表 1. 飯島氏銀鮫 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) 受精卵胚胎發育過程Table 1. The embryonic development of *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919)

Hours after spawning (HAS)	Developmental stages
4	Morula stage
5	Blastula stage
6	Gastrula stage
8	Endosperm seal time
12	Myotomes observable
13-14	Heart beats, otolith observed
39-48	Larvae hatched

表 2. 飯島氏銀鮫 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) 魚苗發育過程Table 2. The larval development of *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919)

Days after hatching (DAH)	Average total length <sup>1/</sup> (mm)	Developmental stages
0	3.4±0.0	Otolith observed, head occupied mainly by eyes
1	3.9±0.1	Pectoral fins developed
2	4.1±0.4	Swimming bladder observed
5	4.4±0.2	Esophagus observed, feeding started, tail fin emerged
9	6.1±0.7	Dorsal fin and sensory buds emerged
11	7.5±1.3	Swimming bladder developed to two sections, dorsal fin well developed, anal fin emerged
15	9.1±0.7	Pelvic fins emerged, anal fin well developed
23	10.8±3.4	Pelvic fins developed
27	16.5±3.8	Scales clearly observable
31	18.7±1.2	Scales well developed

<sup>1/</sup> Average sample sizes of 3-5 fishes larva for each of the developmental stages.

(b) 成長曲線模式：

$$TL = \exp(1.31 + 0.06 \times t)$$

其中魚苗的成長速率為  $0.06 \times \exp(1.31 + 0.06 \times t)$ ，其配適成長曲線模式的 Adjusted  $R^2$  值為 0.90，Residuals 為 1.31。

(c) Gompertz 成長模式 (Ricker 1979)：

$$TL = 3.43 \exp \{2.78 \times [1 - \exp(-0.0298 \times t)]\}$$

其中魚苗的成長速率為  $0.28 \times \exp(-0.0298 \times t) \times \exp \{2.78 \times [1 - \exp(-0.0298 \times t)]\}$ ，其配適成長曲線模式的 Adjusted  $R^2$  值為 0.89，Residuals 為 9.67。

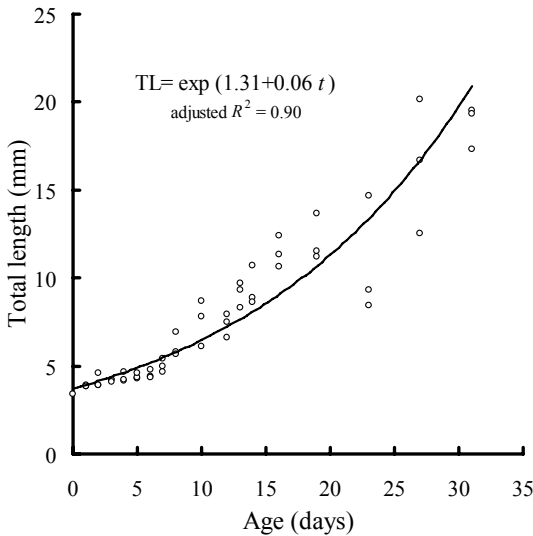


圖 2. 飯島氏銀鮡 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) 的魚苗成長曲線模式。

Fig. 2. Growth of the larvae of *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) after hatching.

## 討 論

在飯島氏銀鮡種魚蓄養過程中，可觀察到其食性與繁殖過程等數項特徵，其中在食性方面，經餵食各類餌料的攝食結果比較，發現本魚種的食性為雜食偏肉食性。多棲息在水域底層，喜成群游動，即使追星等第二性徵已經出現，仍未有明顯的領域性行為。在種魚性別鑑別上，雄魚在性成熟時頭部會長出細小追星，但無明顯婚姻色，雌魚性成熟時，外觀上可見到其腹部圓漲 (陳及張 2005)。

在飯島氏銀鮡產卵過程中，也發現一些與小型鯉科魚類常見的產卵習性，如本魚種在產卵時，雌、雄會先追逐後同時靠近水生植物，然後將卵直接產於沈水性水生植物的直立部分或浮水性植物的根系，僅有少部分可能因未能即時黏附於水生植物而沈降於底部，並附著在底部的石塊或產卵桶的底部。在產卵數量方

面，本研究中計採獲 350-400 顆受精卵，雖然無法明確得知每隻雌魚的產卵數，但與大型鯉科魚類比較，其產卵數並不多。另外，產卵後經解剖的雌魚體內卵巢可發現許多不同發育階段之卵原細胞，推測飯島氏銀鮡有可能以多次產卵方式進行繁殖。

本魚種的受精卵特徵與一般溪流小型魚類類似，為圓形的沈性帶黏性卵，幾近於全透明，無色素，也無油球。受精卵卵徑平均為 1.11 mm，與本地一般原生性小型鯉科魚類的卵徑也大致上相近，例如與其棲息環境和體型大小均相近的台灣副細鯽 *Pararasbora moltrechti* Regan, 1908、條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 與台灣梅氏鰱 *Matzia formosae* (Oshima, 1920) 等魚類，其受精卵卵徑也都介於 1.1-1.2 mm (賴等 2003; 賴等 2006; 賴等 2008)，但同屬溪流魚類但體型較大的 *Zacco* 屬魚類，卵徑則介於 1.6-2.2 mm，較飯島氏銀鮡大 (Sado and Kimura 2002)。

飯島氏銀鮡在水溫約 26°C 時，孵化積溫值平均約為 47 degree-days，與另外 3 種小型原生溪流魚類比較，條紋小鯽受精卵在水溫約 27°C 時，孵化積溫值約為 23 degree-days (賴等 2008)；台灣副細鯽的受精卵在 26°C 時，孵化時間大約為 25 hr (賴等 2003)，積溫值約為 27 degree-days；台灣梅氏鰱受精卵於水溫 26°C 的環境中約 24 hr 孵化 (賴等 2006)，積溫值約為 26 degree-days。比較結果可知，飯島氏銀鮡孵化積溫值約為另外 3 種小型魚類的 1.9-2.2 倍 (Chapman 2006)，同屬溪流魚類但體型較大的 *Zacco* 屬魚類，在水溫約 26°C 時，受精卵孵化積溫值則介於 40.9-62.3 degree-days 之間 (Sado and Kimura 2002)。推測孵化時間相異的原因，除了水溫等環境因素稍有影響之外，主要應是這些魚類的生殖習性差異所導致，Nunn *et al.* (2007) 曾提出在流量變化大或流速快的河川中，流量 (river discharge) 將會是影響孵化的主要因子，但在流量大而穩定的河川中，孵

化則較容易被其他因子(如水溫)所影響。由於台灣河川屬於流量變化大的型態，上述本地數種小型魚類更多棲息於溪流中上游或連通水域，且有溯溪產卵習性，而且產卵時間集中在春季與夏季等水位與水流量受雨量影響變化顯著的季節，因此縮短受精卵孵化的時間，可能有助於魚苗在水量變小或乾涸前進行小規模遷移，進而提升其生存率，但飯島氏銀鮡受精卵孵化積溫值與一般體型較大的溪流魚類較接近，而與上述 3 種小型魚類差異較大，因此推測其較適合的繁殖水域可能在水量較穩定之水域。

剛孵化的飯島氏銀鮡魚苗平均體全長約為 3.4 mm，稍低於台灣梅氏鰱 (3.8 mm) (賴等 2006) 與條紋小鰾魚苗 (3.5 mm) (賴等 2008)，稍高於台灣副細鰾魚苗 (3.0 mm) (賴等 2003)，但遠小於同屬溪流魚類 *Zacco* 屬的魚苗 (4.4-5.3 mm) (Sado and Kimura 2002)。5 DAH 的飯島氏銀鮡 (4.2 mm TL) 卵黃囊已吸收，且已經開始游動攝食餌料，此發育時間較上述小型魚類緩慢，如條紋小鰾、台灣副細鰾與台灣梅氏鰱魚苗在 3-4 DAH 時，卵黃囊已吸收，且已經開始攝食，魚苗全長則分別為 5.1、4.9 與 4.7 mm (賴等 2003；賴等 2006；賴等 2008)，但 *Z. temminckii* 卵黃囊完全吸收時的體長已達到 7.3-8.8 mm (Sado and Kimura 2002)。發育過程中，2 DAH 的飯島氏銀鮡可觀察到鰾開始發育，也較條紋小鰾、台灣副細鰾與鯉魚等魚苗在 1-1.5 DAH 即可觀察到鰾的發育速度慢 (van Snik *et al.* 1997；賴等 2003；賴等 2008)。飯島氏銀鮡魚苗在 2-6 DAH 之間有成長較為遲緩的現象，許多鯉科魚類的魚苗成長發育也會有類似現象 (van Snik *et al.* 1997；Osse and Boogaart 1999)，原因可能是因為鯉科魚苗在此時正值開始攝食、游動方式改變 (鰾發育) 與開始鰾呼吸的階段 (van Snik *et al.* 1997)，通常在人工育苗的過程中，此階段為魚苗死亡率最高的一個階段。

飯島氏銀鮡魚苗在本研究期間平均每天體長增加速率為 0.49 mm/day (3.4-18.7 mm TL)，此成長速率的結果與直線迴歸模式的成長速率是一致的，但魚苗的成長過程較常用成長模式來配適 (Geisser 1980)；此處分別比較 3 種不同模式，其中以 (b) 成長曲線模式的 adjusted  $R^2$  最高，而且 residuals 最低。若套用 (a) 直線迴歸模式或 (c) Gompertz 成長模式，則 adjusted  $R^2$  會比一般的成長曲線的 adjusted  $R^2$  稍低，而且 residuals 也會明顯增加。因此飯島氏銀鮡魚苗自孵化至鱗片長出的階段較符合一般常用的成長曲線模式。

本研究發現，飯島氏銀鮡的成魚屬雜食性且偏底食性，飼養容易，對水質並無特別需求。其繁殖環境與過程也與多數小型溪流魚類類似，主要也是需要水生植物來黏附受精卵，並讓孵化後的仔魚有黏附、躲藏與遮蔽的場所。其受精卵一旦黏附到底部石塊上，孵化率便會降低。目前苗栗大湖溪因為天然災害或溪流整治之故，造成河床水生植物減少，推論此棲地破壞結果應該是造成飯島氏銀鮡數量近年來在原棲地逐漸減少的主因之一。因此未來若需進行飯島氏銀鮡復育規劃與棲地營造時，棲地的水生植物相建立與維持，應是此魚種可自然繁殖成功關鍵因素之一。

## 謝 誌

本研究感謝農委會漁業署經費上之補助 (91 農科-2.1.5-漁-F1)，張詠青醫師在採集與資料提供上的協助，潘宏裕教授在統計分析上的協助，以及吳純宏、王俊仁、吳育甄於實驗過程中協助飼養與記錄，在此一併致謝。

## 引用文獻

沈世傑。1993。台灣魚類誌。國立台灣大學動物學系。台北，台灣。

- 孟慶聞、蘇錦祥、李婉端。1987。魚類比較解剖。科學出版社。北京，中國。
- 陳兼善、于名振。1986。台灣脊椎動物誌(上冊)。台灣商務印書館。台北，台灣。
- 陳義雄、方力行。1999。台灣淡水及河口魚類誌。國立海洋生物博物館籌備處。屏東，台灣。
- 陳義雄、張詠青。2005。台灣淡水魚類原色圖鑑 第(一)卷 鯉形目。水產出版社。基隆，台灣。
- 曾晴賢。1986。台灣淡水魚類。台灣省政府教育廳。
- 落合明。1987。魚類解剖學。綠書房。東京，日本。(in Japanese)
- 劉健康、何碧梧。1992。中國淡水魚養殖學(第三版)。科學出版社。北京，中國。
- 賴弘智、王俊仁、吳純宏、施志昫。2003。台灣副細鯽 (*Pararasbora moltrechti* Regan) 之人工繁殖研究。中華生質能源學會會誌 22: 123-128。
- 賴弘智、翁紹儒、張瑞宗、蔡澄崇、施志昫。2008。條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 人工繁養殖及幼苗發育。特有生物研究 10 (1): 35-44。
- 賴弘智、張瑞宗、施志昫。2006。台灣細鯽 *Rasbora formosae* (Oshima, 1920) 之人工繁殖及幼苗發育研究。特有生物研究 8 (2): 23-39。
- Britton, J. R. and D. M. Harper. 2008. Juvenile growth of two tilapia species in lakes Naivasha and Baringo, Kenya. Ecology of Freshwater Fish 17(3): 481-498.
- Chapman, D. C. (ed.). 2006. Early Development of Four Cyprinids Native to the Yangtze River, China. US. Geological Survey, Reston, Virginia, USA.
- Chen, I. S. 2008. Threatened fishes of the world: *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) (Cyprinidae). Environmental Biology of Fishes 10.1007/s10641-008-9355-5.
- Chen, I. S. and Y. C. Chang. 2007. Taxonomic revision and mitochondrial sequence evolution of the Cyprinid genus *Squalidus* (Teleostei: Cyprinidae) in Taiwan with description of a new species. The Raffles Bulletin of Zoology 14: 69-76.
- Dijkgraaf, S. 1962. The functioning and significance of the lateral-line organs. Biological Reviews 38: 51-105.
- Geisser, S. 1980. Growth curve analysis. pp. 89-115. In: P. R. Krishnaiah (ed.). Handbook of statistics. North-Holland, Amsterdam, Netherlands.
- Handeland, S. O., E. Wilkinson, B. Sveinsbo, S. D. McCormick and S. O. Stefansson. 2004. Temperature influence on the development and loss of seawater tolerance in two fast-growing strains of Atlantic salmon. Aquaculture 233: 513-529.
- Nunn, A. D., J. P. Harvey, J. R. Britton, P. A. Frear and I. G. Cowx. 2007. Fish, climate and the Gulf Stream: The influence of abiotic factors on the recruitment success of cyprinid fishes in lowland rivers. Freshwater Biology 52: 1576-1586.
- Oshima, M. 1919. Contributions to the study of the freshwater fishes of the Island of Formosa. Annals of Carnegie Museum 12: 169-328.
- Osse, J. W. M. and J. G. M. Boogaart. 1999. Dynamic morphology of fish larvae, structural implications of friction forces in swimming, feeding and ventilation. Journal of Fish Biology 55: 156-174.
- Ricker, W. E. 1979. Growth rates and models. pp. 677-744. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and J.

- R. Brett (eds.). Fish physiology vol. III, bioenergetics and growth. Academic Press, London.
- Sado, T. and S. Kimura. 2002. Descriptive morphology of the eggs, larvae, and juveniles of two cyprinid fishes belonging to the *Zacco temminckii* species' group. Ichthyological Research 49: 245-252.
- van Snik, G. M. J., J. G. M. van den Boogaart and J. W. M. Osse. 1997. Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold. Journal of Fish Biology 50: 1339-1352.