

## 摘要

本研究時間從 2001 年至 2003 年，每年十月從野外捕捉種魚開始人工復育工作和研究，利用野外數對種魚以人工授精及復育幼苗方式，部分執行放流工作，部分繼續培育至種魚，從過程中確立標準操作程序。在豐富的人工授精經驗和成熟的人工復育技術下，養殖階段從受精卵、孵化、卵黃囊期、上浮仔魚、幼魚、一齡魚及培育至二齡魚，終於在今（2003）年 10 月 30 日至 11 月 5 日陸續由人工培育族群（hatchery-rearing）的二齡雌種魚取得卵共 7272 顆，並與人工和野外族群的雄種魚精液授精，經過 28 至 35 天後孵化。這是復育國寶魚二十多年來首度完成的「台灣櫻花鉤吻鮭完全養殖」，亦是達到台灣櫻花鉤吻鮭移地保育（ex situ）之繼代飼養的目標。

台灣櫻花鉤吻鮭人工復育技術主要探討方向如下：（一）主水源：1.水源 2.溶氧（二）採補野外種魚和蓄養：1.產卵季節 2.溫度對親魚的影響 3.採補方法 4.蓄養 5.催產（三）採卵 1.種魚體型 2.產卵量與體重體長關係 3.卵徑與體重體長關係 4.卵的構造 5.取卵 6.授精 7.孵化箱（四）卵的管理 1.胚胎發生過程 2.積算水溫 3.光線 4.水流 5.剔除死卵（五）仔稚魚管理 1.浮水期 2.馴餌 3.投餵法（六）一齡魚管理 1.定質 2.定時 3.定量 4.定點 5.分養（七）種魚管理 1.雌雄分開 2.種魚營養。

首度人工培育成熟的二齡雌種魚魚體全長 21.2~27 公分，魚體重 112.9~234.2 公克，人工受精率 95.2%，孵化率 61.8%，比較野外族群人工受精率 95.9%，孵化率 60.5%，人工和野外族群在受精率和孵化率並無顯著差異。人工培育之二齡雌種魚未吸水前採得之平均卵徑  $5.25 \pm 0.17\text{mm}$ 、平均卵重  $0.100 \pm 0.016\text{g}$ ，孵化前平均卵徑  $5.46 \pm 0.13\text{mm}$ 、平均卵重  $0.111 \pm 0.022\text{g}$ 。

本研究利用 91 年 7 月至 92 年 10 月的鮭魚體長頻度資料，代入 FiSAT 套裝軟體中的 ELEFAN 進行 Von Bertalanffy 成長方程式分析，得到  $L_{\infty}$ （極限體長）為 32.55cm，K 值（Von Bertalanffy 成長參數，單位為 1/year）為 1.1。再利用  $L_{\infty}$  與 K 代入成長表現公式中，可得極限年齡為 2.72 年、 $\psi'$ （成長表現指數）為 3.066。本研究利用室內人工族群資料推算出的台灣櫻花鉤吻鮭成長生物參數，與過去有不同的答案，並且可能反映出令人意外的結果。

**關鍵字：**人工族群、野外族群、台灣櫻花鉤吻鮭、完全養殖、移地保育、繼代飼養、體長頻度、極限年齡

## 前言

稀有淡水魚保育的方法主要分為兩大主軸，分別為就地保育及移地保育。在就地保育方面，歷年來在各單位努力合作下，已完成多項棲地改善工作，包括植樹造林、防砂壩改善工程、興建鮭魚避難河道、七家灣溪護岸工程、人工深潭、污水處理廠及焚化爐等(廖，2002)。在移地保育方面，八十八年以前僅有人工繁殖、中型魚間養(余等，1985)和放流幼苗之研究經驗(吳，2000)，台灣櫻花鉤吻鮭「完全養殖」技術並未建立。

此外，目前台灣櫻花鉤吻鮭生存的環境還有四大危機。一、全球氣候異常，水溫升高，使得孵化率降低。二、台灣鮭魚族群數量和年齡結構受到颱風、暴雨和平均水深下降的因素影響甚大。三、國寶魚現存的環境屬於容易發生森林大火的區域，森林大火易改變原有之生態平衡，破壞櫻花鉤吻鮭之棲息地。四、武陵地區高山蔬菜和果樹耕種面積仍有 40 公頃，農藥、重金屬及懸浮物會影響水質，使得鮭魚食物水生昆蟲和羽化成蟲數量減少，尤其恐會產生對魚類基因及生殖負面影響的「環境賀爾蒙」物質。

因此，本研究目的有二方面，一方面為落實台灣鮭魚保育策略，防止台灣鮭魚絕種，建立能夠自行繁衍的室內人工族群，完成台灣鮭魚完全養殖技術，另一方面為建立基因多樣性的「台灣鮭魚種源庫」預作準備。

## 材料與方法

### 一、台灣櫻花鉤吻鮭人工復育技術

本研究時間從 2001 年 10 月至 2003 年底，每年皆從野外捕捉種魚開始人工復育工作和研究，利用野外數對種魚以人工授精復育幼苗方式 (Earl, 1963)，部分執行放流工作，部分繼續培育至種魚，從過程中確立標準操作程序，將操作心得以文字和照片為保育工作留下紀錄。本實驗共有二齡魚、一齡魚和 0 齡魚。主要探討方面如下：

(一) 主水源：1. 水源 2. 溶氧 (二) 採補野外種魚和蓄養：1. 產卵季節 2. 溫度對親魚的影響 3. 採補方法 4. 蓄養 5. 催產 (三) 採卵 1. 種魚體型 2. 產卵量與體重體長關係 3. 卵徑與體重體長關係 4. 卵的構造 5. 取卵 6. 授精 7. 孵化箱 (四) 卵的管理 1. 胚胎發生過程 2. 積算水溫 3. 光線 4. 水流 5. 剔除死卵 (五) 仔稚魚管理 1. 浮水期 2. 馴餌 3. 投餵法 (六) 一齡魚管理 1. 定質 2. 定時 3. 定量 4. 定點 5. 分養 (七) 種魚管理 1. 雌雄分開 2. 種魚營養。

### 二、台灣櫻花鉤吻鮭完全養殖試驗

建立台灣櫻花鉤吻鮭成長資料。本研究以量測 2001 年和 2002 年 10 月人工復育的幼苗培育至種魚過程中的體長體重資料，體長頻度資料自 2002 年 7 月開始。每月利用麻醉劑 Clove oil 降低魚隻活動能力，以避免魚隻掙扎而造成損傷。隨機捕捉，並迅速測量，取得養殖櫻花鉤吻鮭之體長、體重資料。樣本數量與組距為互有相關 (Erzini, 1990)，Erzini 並建議利用 Von Bertalanffy 分析時，魚體體長未達 30cm 時，使用 0.5cm 為組距。反之，則用 1 或 2cm 為組距。本實驗樣本數量約為 50~100 尾，目前櫻花鉤吻鮭體長未到 30cm，因此本研究使用 0.5cm 為組距，並進形體長頻度繪圖。

### 三、人工飼料與天然餌料對仔鮭成長和活存率之比較

以開始攝餌後 10 天、平均重約 0.15 克之仔鮭。選擇 75 x 55 x 40cm 之箱網作為試驗用養殖槽，其網目大小為 0.1x 0.1cm。篩選體重相近之仔鮭為試驗用鮭，每個箱網放養 4 隻，共三個實驗組，每組三重覆。每日投餵至飽食，實驗為期四週。試驗飼料為人工微粒飼料和淡水圓水蚤。

#### 四、台灣櫻花鉤吻鮭麻醉濃度試驗

本實驗麻醉劑濃度是使用 10、50、100、200、500 ppm，參考過去其他種鮭魚文獻所建議使用(Keene, Noakes, Moccia, Soto, 1998; Taylor, Roberts, 1999)，加入五倍的酒精溶入水中備製麻醉處理用。

魚體受麻醉之程度可分為五個階段(Peake, 1998)：(1)正常泳姿，但略為失去平衡；(2)正常泳姿，但完全失去平衡；(3)略為失去游泳能力；(4)完全失去游泳能力，鰓蓋動作微弱；(5)鰓蓋無動作。本實驗判斷已達麻醉的標準是依照 Munday & Wilson(1997)，即符合上述麻醉過程的 stage II。選用 stage II 為判斷標準的原因是實驗生物對外界刺激無反應符合實驗室作業的需要。

實驗過程中，人工繁殖的櫻花鉤吻鮭，撈自養殖池。放入以知固定濃度麻醉劑之水桶中，利用馬錶計算到達麻醉標準所需的時間。判斷達麻醉標準後，迅速擦乾秤重並放入備有新鮮有氧淡水的復甦水桶中，利用馬錶計算恢復到正常游泳姿勢的時間。每種麻醉劑濃度各進行五次重覆。實驗過程水溫都維持在 15°C。判斷麻醉及復甦的時間皆統一由一人完成，以排除因不同人判斷所造成的誤差。

## 結果

### 一、台灣櫻花鉤吻鮭人工復育技術

#### (一) 主水源

##### 1. 水源

養殖工作成敗很大因素決定在水源。尤其在高山取水必須注意幾點：1. 水源豐枯時期的差異 2. 瞬間降雨量造成大水容易將水源頭沖毀 3. 避免農業活動造成污染。因此，必須選擇不受枯水期、不受農業活動影響和不容易被大水沖毀的水源。本復育中心水源選擇在七家灣溪對岸 37、38 林班地原始森林野溪和滲流水，水源以重力方式流入養殖池，當主水源無法供應水時，應緊急啟用馬達抽取過濾後的溪水流進養殖池或輔以內部循環因應。水源在平時都顯示有良好水質，其中復育中心水溫在繁殖季節和孵化時期 10 月、11 月和 12 月平均水溫分別為，

##### 2. 溶氧

在海拔 1750 公尺、水溫 13.5°C 時，飽和溶氧約為 8.2。所以在養殖池排水口檢測排放水，當水溶氧低於 5 時，必須馬上停止投餵，緊急換水，並進行以下處置：1. 減少單位面積養殖密度 2. 增加進水時的溶氧 3. 在池中增加曝氣設施。水源若發現土砂或大量落葉時必須將水源處清理乾淨。或以不織布濾袋去除水中有機顆粒。

#### (二) 採補野外種魚和蓄養

##### 1. 產卵季節

每年十月中旬開始至十一月初半個多月，這段時間是台灣鮭魚成熟配對交尾產卵的時節，由這四年人工採補種魚採卵日期和觀察野外雌種魚搗砂形成產卵場得知：紀錄從十月十七日至十月二十九日皆有產卵行為，所以野外捕捉種魚時間必須在前一星期，即十月十日展開以避免因為天氣因素而無法取得種魚。

首度成熟的二齡人工族群雌魚，能夠採得卵的時間是在 2003 年 10 月 30 日至 11 月 8 日，比野外族群生產高峰延後二至三星期。

##### 2. 溫度對親魚的影響

溫度可能為影響魚卵及魚體發育的最重要因素。一般認為一年齡魚可短時間忍受 25.6°C 之溫度而不受損害，但為產生良好品質的卵，台灣鮭魚親魚在採卵前必須將魚養在水溫低於 13.3°C 水中至少六個月。

### 3.採捕方法

採捕野外種魚方法是以八卦網投網捕捉為佳，所用網目大小以小於 5 公分為原則，避免非目的魚如一齡魚和二齡小魚（魚體全長小於 15 公分）中網受傷，採捕前應先觀察好地形，清除水中枯木和溪邊樹枝，避免鉤破網目或阻礙灑網，路線確定後選擇晚上時間捕捉，第一次投網中魚機率大於第二次投網，當然亦可在白天捕捉，但晚上捕捉到餘的機率比較大，但是工作人員比較辛苦，不能利用光線以免鮭魚懼怕游走。不同於晚上，白天捕捉的目的魚可以先看到，例如正在交尾配對上浮的種魚。

### 4.蓄養

捕捉到的種魚放入運魚袋，一般放入五至六尾，搬運過程中每五分鐘換水一次，在預定捕捉路程結束後盡速運回蓄養槽，可用 0.1ppm 孔雀綠浸泡五分鐘，避免蓄養過程二次傷害水黴入侵。蓄養前需先檢視種魚成熟度，判定產卵時間，若可直接排卵者，使用後種魚可以先行放回原捕捉處。蓄養時以流水養殖，雄魚置於水源頭，下游處蓄養雌魚。

### 5.催產

台灣櫻花鉤吻鮭最適於採卵之成熟期為卵在分離落入腹腔內時刻，若能適時、適量的注射荷爾蒙可以促進產卵 (spawning)，有助於掌握時效和方便受精卵的管理，且受精卵孵化的時間也可趨於一致。人工荷爾蒙 (ovaprim) 是目前冷水性魚類常使用之催熟藥劑之一，依據往年的經驗，雄魚注射量為 0.3ml ovaprim/尾，而雌魚的注射量為 1 粒腦下垂體 (虹鱒平均重 1000 克) + 0.3ml ovaprim/尾，所注射的部位可在背部兩側肌肉或泄殖孔前之腹部肌肉。野外種魚亦可以完全不注射，靜待排卵。首度以人工培育的種魚採得卵的催產方式：以適量 LHRH-A 和 HCG 三至四星期前注射，後再以預注射魚同體重的腦下垂體研磨液分二次注射，即可採得卵。雄種魚不須注射激素即可採得精液，但若為取得更多精液以利人工授精則可注射激素輔助。

## (三) 採卵

### 1.種魚體型

1999 年野外捕捉的雌種魚最大體重為 380 克、最小體重 270 克，最大全長 32 公分、最小全長 26.3 公分，2001 年野外捕捉的雌種魚最大體重亦為 380 克、最小體重 175 克，最大全長 28.5 公分、最小全長 20.2 公分，2003 年野外捕捉的

雌種魚最大體重為 219 克、最小體重 103 克，最大全長 24.6 公分、最小全長 20.2 公分。體型有逐漸縮小的趨勢，可能與野外族群數量多寡成反比。2003 年二齡的人工族群雌種魚最大體重為 234 克、最小體重 140.7 克，最大全長 27 公分、最小全長 21.2 公分。

## 2. 產卵量與體重體長關係

由人工培育的種魚成熟情形可知二齡魚即可以順利採得卵和精液。2003 年野外種魚產卵數從 177 個至 548 個，卵未吸水前平均重 0.054~0.129 公克。2003 年人工培育的種魚產卵數從 109 個至 624 個，卵未吸水前平均重 0.084~0.156 公克。

## 3. 卵徑與體重體長關係

2003 年野外種魚產卵之未吸水平均卵徑為 5.7~5.1mm，平均卵徑  $5.4 \pm 0.16\text{mm}$ 。2003 年人工培育魚產卵之未吸水卵徑為 4.8~5.4mm，平均卵徑  $5.2 \pm 0.17\text{mm}$ 。

## 4. 卵的構造

一般認為鮭魚卵是脆弱的，需要持續小心照顧。卵的溫度要控制在適當範圍，且要避免劇烈搬移震動，尤其要控制水黴感染卵的最外層卵模。多孔的卵模具有彈性和韌度，水分可透過卵模進出。卵模具有一較大開口叫做卵門 (Micropyle)，精子由此進入與卵受精。包圍卵黃的卵黃膜是一個原生質層包圍卵黃並使其定型在卵黃與卵膜中間，其中有一空間，其內充滿圍卵黃液 (Previtelline fluid)。剛採到的卵並無此液體，故卵模是皺折的，隨後卵吸入約體積百分之二十水量而脹大，脹水後的卵外膜繃緊且光滑，卵門由閉合至脹水過程約二十分鐘完成，在卵剛產出魚體外時，卵黃表面有一堆原生質包圍卵核，在脹水過程此原生質集中一處，而在卵黃膜下形成一鼓起處稱為胚盤。整個卵黃可在卵膜內自由轉動，當被水流轉到側面時，胚盤會迅速轉回到居於頂上位置。受精卵的卵黃膜很快會被厚的細胞覆蓋，而後便無破裂之虞。在此之前卵是十分脆弱的，一般在受水黴菌感染之受精卵，易受機械性震盪、污染的水、強光照射、水溫太高或水溫變化過大等使卵白化、死亡。

## 5. 取卵

在自然狀態下，鮭魚未一次將卵全部排出，只需輕柔按壓將易於排出的卵排出，不可為了多採些卵而用力擠壓。開始用力處位在產卵孔稍前，若有必要再將手移到魚體較前方，然後往後壓以催促卵的流動，直到分離卵自然流出。採卵時

勿在腹腔前施壓，因為對心臟即肝臟容易造成傷害。卵巢後部的卵先成熟，故僅需擠壓靠近肛門附近即可。一般在受精三分鐘內以乾導法進行人工受精，三分鐘後併以溼導法施作亦清洗穢物，可以二人或三人一同操作。在採卵過程中若出現破卵，一定要立即清除，否則侵入卵門而阻礙精子進入造成受精率低下，故蛋白出現在深色產卵盆中時，需立刻洗掉後才可進行接下來的受精動作。

每三天檢查卵的成熟度，檢查的時候須在水中按壓泄殖孔周圍是否有卵粒排出，同時一併檢查整個腹腔是否已達柔軟程度可以將卵全部排出，若達上述標準，可以將種魚適度麻醉後操作。過熟卵和未成熟卵都會影響受精率和孵化率，所以採卵的時間影響人工復育的成敗。

## 6.授精

為考量基因多樣性，需以多元授精法進行。例如，捕捉五對種魚進行配對時，就有 25 種基因組合方法。先將卵擠入採卵盆中依雄魚數目，分數個容器再將不同雄魚精液擠入。注意在受精前，勿將血水擠入若發生時應立即取出。受精前，先將雄魚復部水分拭乾，並將尿液先擠出不盛接。

## 7.孵化箱

孵化箱分為三部份：注水箱、孵化箱和溢流箱。注水量的大小，以擋水板控制，當水量大時可將擋水版調低，避免造成卵的擾動。進水量少時，可將底部擋水版調高，以增加水流量。為使底部水流皆能均勻分佈往上流動，則需有分水盤用以均勻水流量，避免往上水流集中，某部分在分水盤上約 10 至 20 公分處，設置孵化網，網目大小為 3.5mm x 3.5mm，將卵平均分佈於上。

### (四) 卵的管理

#### 1.胚胎發生過程

鮭魚卵胚胎發育速率視水溫而定，過程包括受精脹水危險期及發眼卵期。受精在數秒中即可完成脹水，至卵膜膨脹 48 小時，小心操作的情況下可以度量及運輸。在脹水後 48 小時至發眼為止，為最危險期。眼點可以肉眼看見為止者均屬於發眼期，此期可以運輸包裝和度量。

#### 2.積算水溫

平均水溫乘以所需天數稱為積算水溫。例如台灣鮭魚卵在平均水溫 14.9 下授精，經 20 天為發眼期，故發眼積算水溫為 298。發眼後在平均水溫 14.4 下，經 10 天孵化，孵化積算水溫為 442。孵化時水溫高於 (15°C) 不利孵化，高低



溫差超過 2°C 亦不佳。1999 年至 2003 年復育中心之繁殖季節平均水溫為 14.9~13°C。

### 3. 光線

自然狀態鮭魚卵均在遮陰中孵化不會受到陽光的直射比較卵和剛孵化的幼苗完全黑暗和接受非直接性的日照方式有明顯的生理差異主要幾點如下：1. 經光照的卵較早孵化 2. 經光照的剛孵化的幼苗喜躲入暗處 3. 暗環境中發育的苗較安定 4. 光照過的卵和苗死亡率較高 5. 經光照過的苗游速和游動的持久力較弱 6. 光照過的苗較小。因此，在孵育過程中將鮭魚卵和苗遮蔽，避開光線直射是十分重要的。

### 4. 水流

受精卵在孵化期間必須妥善管理，尤其在水流強度的控制上需予妥當之處理，必須使受精卵在不動的原則下給予最大的水流強度，以增加孵化盆內最大溶氧量。但是引進孵化室的水量不甚穩定，時大時小，水量豐沛時必須將孵化箱上方之控制閥關小，反之，水量少時必須將控制閥開大，這樣細膩且重要的步驟，成了每天必須時時注意的地方。除此之外，死卵的檢除、檢查孵化盆是否有漏洞、水流是否暢通等事項，均需在孵化期間不分晝夜的詳加檢查，否則一旦疏忽，則會在一夜之間造成嚴重損失。尤其在卵未發眼前機械性的震動，會造成卵的白化、死亡。

### 5. 剔除死卵

在未發眼前剔除死卵的工作是很重要的，必須每天進行三次，避免已白化的死卵感染水黴影響周圍的正常卵。剔除死卵的方法可以虹吸管將死卵小心吸出。發眼後的卵可以以水流震盪方式分別好壞卵，目的在使卵質不好的卵變白，以便與正常卵區別而檢除壞卵。或輔以藥浴法 0.1ppm 孔雀綠浸置 5 分鐘。

## (五) 仔稚魚管理

### 1. 浮水期

大部分仔魚之卵黃囊都已漸漸地消失，體色也逐漸由透明、橙紅轉變為黑棕色，黑色素明顯隨著卵黃囊的消失而增加，仔魚的游泳能力增強，由剛孵化時利用尾部震動的力量作短距離的游動，能以胸鰭作長距離的游泳，當仔魚逐漸在上層水域游動時，表示已進入浮水期，準備要開口攝食。

### 2. 馴餌

馴餌積算水溫為 668，一般約在受精後第 58 天開始。此時期的仔魚已具有游泳能力，當 2/3 仔魚都開始浮上水面時，應立即展開馴餌工作。馴餌工作十分重要，影響日後養殖成敗。當孵化盆內 2/3 卵都孵化時，必須將卵黃囊的仔魚以虹吸方式移入馴餌用之不鏽鋼網內。在箱網內細心給餌，將人工微粒飼料小心散佈水面上，由進水口水量的流動，遍佈箱網內的水面上，讓水的表面張力使飼料上浮，一部分飼料亦會隨著時間逐漸下沉，仔魚有時會上浮啄食，有時亦會追逐下沉的飼料。最初飼料量流失較多，但為了使仔魚盡快索餌，仍需超量給餌較適宜，但必須時時將殘餌吸除，以防水質污染。每日需給餌十餘次，每次給餌時間維持半小時，利用水的流動，使人工微粒飼料在水中漂浮，以此誘引仔魚追逐餌料，並開口吞食。在開口攝餌時（體重約 0.2 克、體長小於 3.5 公分）投餵粉狀 0 號飼料，經一個月後達到 3.5 公分至 5 公分時，投餵 1 號粉狀飼料，至體長六公分以上投餵細屑狀飼料，每種飼料在更換期需有七天，有二種不同顆粒大小飼料混合。

### 3.投餵法

馴餌成功後稚魚體重從 0.2 克增加至 0.5 克時，每日投餵五次，投餵量為體重 3%，當然必須視水溫變化、攝餌時間和強度、復部鼓脹程度酌量增加投餵或減少，一般在水溫 10°C 時，投餵量為 2~2.5%，水溫 13°C 時，投餵量為 2.5~3%。

## （六）一齡魚管理

### 1.定質

對飼料的質量要求精和鮮。一齡魚的體長範圍 10~12、12~17 和 17~20 公分，飼料大小分別為 2.4、3.2 和 4.0mm。除了要挑選適合一齡魚的口徑外，每星期可以水棲昆蟲或其他大型餌料生物飼育乙餐。飼料保存須在乾燥和陰影的地方，避免飼料油脂氧化敗壞。當然亦必須有容器盛裝，避免飼料受到老鼠咬食。

### 2.定量

每月至少調整投餵總量二次，方法為估算總魚體重，投餵量以不超過魚體重的 3%為原則，因為還有飛入養殖池的昆蟲可食用。至於每日的投餵量可以酌量增加或減少，須根據鮭魚的攝餌時間、攝餌強度、水質情況、水溫變化和腹部鼓脹情形而定。

### 3.定時

一齡鮭魚每日投餵二餐，早上十點開始第一餐，下午四時三十分投餵第二

餐。清除排泄物在每日投餵早上和下午各進行乙次，務必將排泄物以虹吸或排水方式排除，確定無排泄物後，再將養殖池池壁刷洗乾淨，大量換水，避免滋生病原菌。

#### 4. 定點

養成台灣櫻花鉤吻鮭在固定地點攝餌的習慣，藉攝食時檢視每一尾鮭魚活動和生長情形。餵食前可以敲打聲響、擊掌和拍擊水面等方式，利用魚類制約作用聚集魚類攝食。

#### 5. 分養

台灣鮭魚互咬情形比一般魚類嚴重，孵化後四個月必須實施分養，初期分為二等級，一齡後必須分為三等級，即三個養殖池。尤其在繁殖季節，鮭魚地域性更加明顯，除了實施分養外，每日清潔養殖池，人為機械性擾動族群，破壞族群固有結構，亦可減少互咬情形，降低傷亡。

### (七) 種魚管理

#### 1. 雌雄分開

台灣櫻花鉤吻鮭培育至二齡時，大部分鮭魚逐漸成熟，所以在十月繁殖季節以前二個月，必須將體型超過二十公分以上的種魚雌雄分開，避免為爭取交配權競爭造成傷害。雌雄種魚分開飼養有利接近繁殖期前催產和受精的方便性。

#### 2. 種魚營養

在每年四月（台灣鮭魚一齡又四個月）起至九月時，必須特別注重種魚的營養需求。台灣鮭魚的營養需求以前並沒有研究，但由本年度(2003)人工培育的種魚經驗得知，商用飼料可以讓台灣鮭魚成熟並產卵，只是飼料中脂質的質和量讓台灣鮭魚腹中的油脂堆積，這是與野外捕獲的種魚不同之處，至於是否會影響卵質和種魚活力有待進一步的研究。由日本陸封型鮭魚飼料的營養成分分析得知，脂質需求僅在4%以上，而蛋白質需求在48%以上。

### 二、台灣櫻花鉤吻鮭完全養殖試驗

台灣櫻花鉤吻鮭自民國91年七月至93年十月，一齡及二齡鮭魚隨著時間體重、體長成長圖形如圖一，二。可以看出人工養殖櫻花鉤吻鮭有著良好的生長曲線，並符合一般生物的成長曲線，也就是體長(體重)log 值與時間成直線回歸。其每個月體長增加方面，二齡魚十六個月平均9.9% (1.35cm)、一齡魚六個月平

均 10.7%(1.04cm)，體重增加方面二齡魚十六個月平均 33.3% (13.8g)、一齡魚六個月平均 32.2%(4.2g)。二齡魚體長與體重十六個月資料的相對分布圖，成拋物線分佈(圖三 A)，而將體重與體長軸作對數刻度後，兩者成直線回歸分佈(圖三 B)，兩者皆符合一般魚類成長的體重、體長相對分佈圖形。其中，92 年十月份資料，加以判定性別後，雌雄分別以不同顏色標上，可以看出不同。經 *t-test* 統計分析，無論是體長或是體重在十月份皆有顯著的差異( $p<0.01$ )。

本研究中，二齡魚共經過十六個月的測量，配合著一齡魚的資料，可以略為彌補二齡魚過去不全的部分，並勾勒出人工室內族群成長的趨勢。從健全的成長曲線及今年鮭魚性成熟並參與人工授精過程可知，鮭魚在室內環境並不會有因營養不均，停滯生長或無法成熟情形。此外，成長曲線及體重 vs. 體長資料可以提供基本資料，可推測野外族群在不適合測量的目視觀察體長下，經由回歸公式推測體重資料。本研究成長速度可作為基本生物參數參考值，雖然未能定論室內成長速度孰快孰慢，但在目前仍不清楚野外族群成長速度下，可作為此種鮭魚的參考依據。

體長及體重資料配合雌雄的標示(圖三)，可以了解鮭魚的成長有兩性差異存在。雖然只有一個月份的資料(10 月)，但是可以推測，這種情況在第二性徵出現時，就開始緩慢而持續的發生，如此才可以在繁殖季節前有如此顯著的差異。

過去野外鮭魚族群的極限年齡及極限體長資料乃經由 Von Bertalanffy 經驗公式推導得知，但在樣本數量及目測體長的準確程度上，仍有改進的空間。因此過去被大眾廣為接受的資料，在正確度上，仍存著疑問。本研究室內族群鮭魚在經過繁殖季節期間，陸續有死亡情形，大膽排除人為因素，可猜測兩年或許是台灣陸封型櫻花鉤吻鮭的平均壽命，並且此時的體長可能為真正的極限體長，但是要證實此理論仍需更進一步的實驗及觀察。

若是此推測為真，台灣櫻花鉤吻鮭族群可能比想像中的還要來的脆弱與不穩定，一年一次的繁殖季的成功與否就直接影響到族群的增加或是結束，若是已經所剩不多鮭魚的七家灣溪連續兩年在繁殖季節時有自然或人為的災害發生，這個族群只有滅絕一途！這就不難解釋過去不良環境中鮭魚的大量減少及最近的增加。因此在未證實理論前，域內放流及保護，與人工室內族群及設備的建立是刻不容緩的。

### 三、人工飼料與天然餌料對仔鮭成長和活存率之比較

由馴餌結果發現，台灣鮭魚能夠攝食人工微粒飼料，推翻先前台灣櫻花鉤吻鮭對飼料的接受度不高之論點，這樣的發現和突破，能夠解決在武陵地區不易大量培養餌料生物作為台灣鮭魚食物來源的問題。但攝食人工飼料的仔鮭其成長和活存率是否與餵飼餌料生物組的有所差異，經實驗後四週得知餵飼人工微粒飼料之增重率為 43.1%，而餵飼水蚤之增重率為 40.7%之結果顯示，兩者並無顯著差異。餵飼人工微粒飼料之活存率為 83.3%，餵飼水蚤之活存率為 91.7%，兩者亦無顯著差異（如表四）。

### 四、台灣櫻花鉤吻鮭麻醉濃度試驗

台灣櫻花鉤吻鮭在不同丁香油濃度的麻醉時間回歸線圖(圖五)中，顯示麻醉劑濃度越高，則作用時間越短，並呈現對數直線回歸。在本研究濃度範圍中(10~500 ppm)，櫻花鉤吻鮭皆能甦醒，未有因濃度過高而致死之情形。此外，在高濃度的劑量下(200、500 ppm)，櫻花鉤吻鮭呈現高度昏迷狀態，但是經過較長的時間(>5 分鐘)後，也都能恢復正常呼吸及游泳。這顯示麻醉劑丁香油在此濃度下，對於平均 50g 的櫻花鉤吻鮭為安全範圍。

本研究繪製出櫻花鉤吻鮭的麻醉劑所需濃度及作用時間圖形，可提供未來相關研究使用，例如應用於數位標示注射及外科手術等。在本研究的 200 ppm 濃度麻醉下，鮭魚皆平靜通過標示注射動作，並有良好的恢復情形。未來建議可以使用 100~200 ppm 作為完全麻醉用，而 1~5 ppm 則可作為降低活力及減少捕捉時的掙扎時使用。

## 結語

台灣櫻花鉤吻鮭歷年來由於人工繁殖魚苗放流使得櫻花鉤吻鮭之族群數量獲得保障；然而今年完成了二十年來保育史上的第一次，就是完成台灣鮭魚完全養殖的目標，更是值得眾人高興雀躍。台灣鮭魚之完全養殖，不僅可確實掌握人工繁殖之族群數量且避免天然環境驟變之風險，亦可真正達到其生物多樣性之保育及族群永續繁衍之目的。台灣櫻花鉤吻鮭之完全養殖技術之確立，來自於諸多實驗的經驗累積，如成長試驗、馴餌試驗、麻醉濃度試驗、魚齡管理等，不僅突破以往之保育範疇，也為台灣櫻花鉤吻鮭之復育工作寫下了嶄新的一頁，完成此目標，除了需要養殖技術外，更須要眾人的的支持和保育工作所需的熱誠和恆心。

感謝保育主管機關農委會保育科和台中縣政府對申請利用保育類野生動物案的支持，對於曾經提供飼料、病情分析和任何協助的友人說聲謝謝，同時感謝海洋大學黃沂訓和郭金泉教授的指導，實驗室宗佑、藍鳥和小彘等學弟妹的幫忙。同時亦感謝雪霸國家公園大家長林處長永發、彭副處長、吳秘書祥堅、陳裕良課長、徐志彥課長及武陵管理站黃明通主任等長官和同仁對推展台灣鮭魚保育工作的認同和支持。最後謹代表國寶魚復育團隊成員國彰、景文、宏偉和俊儒，感謝大家的鼓勵支持和協助，未來我們將會排除任何困難，繼續努力下去，。

## 參考文獻

- 余廷基、賴仲義、吳聲森，1985。櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會 74 年生態研究第 003 號 14 頁。
- 吳祥堅，2000。台灣櫻花鉤吻鮭人工繁殖與放流，櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集第 31~46 頁，農委會特有生物保育研究中心。
- 廖林彥，2002。台灣櫻花鉤吻鮭保育現況，與台灣櫻花鉤吻鮭有約保育研討會論文集，雪霸國家公園管理處。
- Earl, L., 1963. Trout and salmon culture. State of California department of fish and game, Fish Bulletin, no 107.
- Erzini, K., 1990. Samplin size and grouping of data for length-frequency analysis. Fisheries Research 9, 355-366.
- Keene, J.L., Noakes, D.L.G., Moccia, R.D., Soto, C.G., 1998. The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research 29, 89-101.
- Munday, P.L., Wilson, S.K., 1997. Comparative efficacy of clove oil and other chemicals in anaesthetization of *Pomacentrus amboinensis*, a coral reef fish. Journal of Fish Biology 51, 931-938.
- Peake, S., 1998. Sodium bicarbonate and clove oil as potential anesthetics for nonsalmonid fishes. North American Journal of Fisheries Management 18, 919-924.
- Taylor, P.W., Roberts, S.D., 1999. Clove oil: An alternative anaesthetic for aquaculture. North American Journal of Aquaculture 61, 150-155.

表一、野外雌種魚授精率和孵化率

魚體 (g)	全長 (公分)	卵數 (個)	授精率%	孵化率%
197.1	24.5	401	100	49.9
144.4	23	227	100	9.3
173.7	23.8	355	100	73.2
156.8	23.1	385	100	9.1
147.7	22.2	276	97.8	60.5
132.9	21.9	391	100	83.1
143.4	22.9	284	100	83.5
219.1	26	435	100	42.8
195	24.6	326	100	89.3
169.9	23.4	397	100	13.6
169.3	24	374	100	22.7
156.4	24.2	244	100	98.4
141.8	23	247	100	93.5
131.8	22.6	111	22.5	0
103.8	20.2	200	100	93
204.3	26	548	100	97.8
126.2	21	323	100	92.9
176.8	23.8	269	98	62.8
171.9	24.2	328	100	10.4
161.5	23.4	436	100	93.6
			<b>95.9</b>	<b>60.5</b>



表二、2003 年人工培育之二齡雌種魚授精率和孵化率

魚體 (g)	全長 (公分)	卵數 (個)	授精率%	孵化率%
143.16	24.2	278	23.7	11.9
160.2	22.2	287	98.9	29.6
197.88	25	474	100	96.6
220.4	26.4	453	100	82.6
193.6	26	460	100	78.3
147.47	23.4	255	100	7.8
140.74	26	109	100	86.2
146.58	24	367	97.8	71.7
176.5	25	402	94.5	40.5
112.9	21.2	175	93.7	26.9
176.25	24.2	325	99	56.0
213.5	27	437	99.8	33.6
201.9	26.2	624	100	90.4
220.25	26.4	479	99.8	14.0
234.22	26.2	348	100	88.8
163.52	24	424	98.8	93.6
150.58	24	329	99.1	84.2
199.22	26	387	99.7	75.7
201.28	26	377	98.9	79.3
170.13	25	332	100	88.9
			<b>95.2</b>	<b>61.8</b>

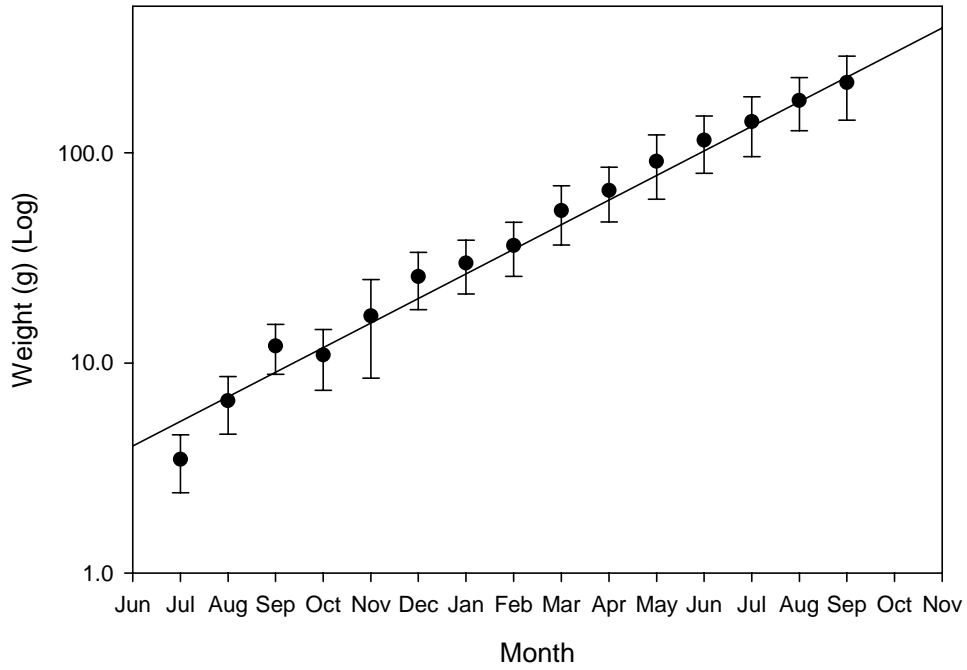
表三、野外雌種魚體重、體長及產卵數、平均卵徑和平均卵重的關係

魚體 (g)	全長 (公分)	卵數 (個)	未吸水平 均卵徑 (mm)	未吸水平 均卵重 (g)	孵化時平 均卵徑 (mm)	孵化時平 均卵重 (g)
197.1	24.5	401	5.29	0.103	5.41	0.089
144.4	23	177	5.37	0.109	5.50	0.116
173.7	23.8	355	5.30	0.088	5.24	0.083
156.8	23.1	335	5.10	0.093		
147.7	22.2	276	5.28	0.092	5.16	0.091
132.9	21.9	391	5.38	0.085	5.43	0.087
143.4	22.9	284	5.39	0.087	5.21	0.083
219.1	26	435	5.41	0.084	5.28	0.084
195	24.6	326	5.67	0.129	5.39	0.108
169.9	23.4	397	5.44	0.089	5.	0.080
169.3	24	374	5.13	0.076		
156.4	24.2	244	5.57	0.115		
141.8	23	111	5.34	0.104		
131.8	22.6	247	5.61	0.054		
103.8	20.2	200	5.39	0.105		
204.3	26	548	5.29	0.088		
126.2	21	323	5.32	0.085		
176.8	23.8	269	5.57	0.105		
171.9	24.2	328	5.71	0.101		
161.5	23.4	436	5.30	0.088		
			<b>5.39±0.16</b>	<b>0.094±0.016</b>	<b>5.29±0.16</b>	<b>0.091±0.012</b>

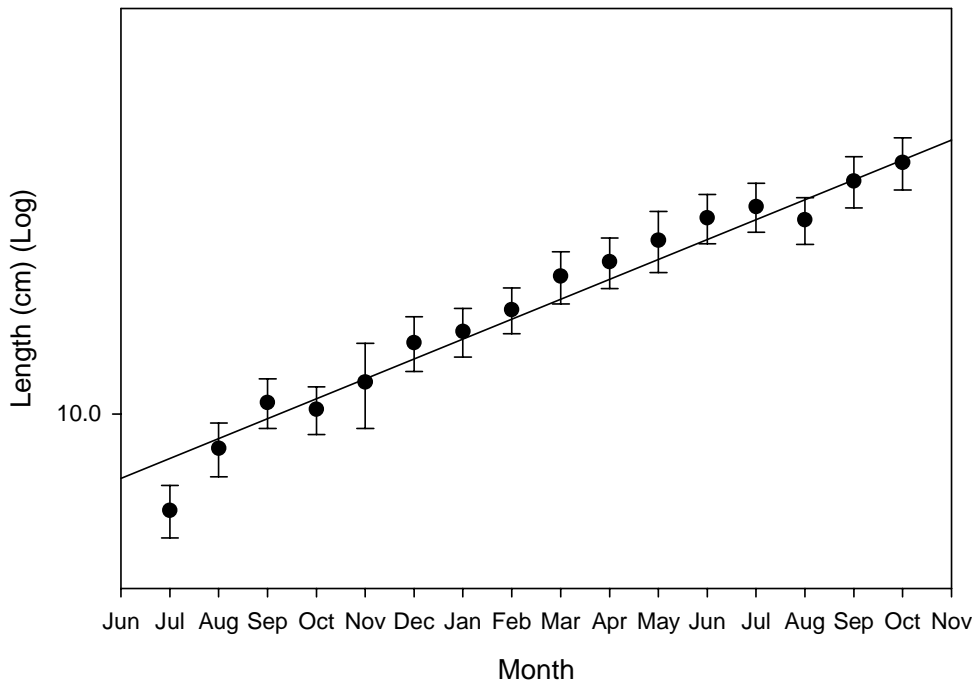
表四、人工培育之二齡雌種魚體重、體長及產卵數、平均卵徑和平均卵重的關係

魚體 (g)	全長 (公分)	卵數 (個)	未吸水平 均卵徑 (mm)	未吸水平 均卵重 (g)	孵化前平 均卵徑 (mm)	孵化前平 均卵重 (g)
213.5	27	437	5.40	0.107	5.53	0.102
201.9	26.2	624	5.20	0.093	5.43	0.088
220.3	26.4	479	5.37	0.098	5.54	0.098
234.2	26.2	348	5.44	0.156	5.49	0.091
143.16	24.2	228	5.40	0.102		
160.2	22.2	287	5.44	0.103		
197.9	25	474	5.34	0.108	5.7	0.109
220.4	26.4	453	5.39	0.096	5.5	0.121
193.6	26	460	5.24	0.103	6	0.124
147.5	23.4	255	4.76	0.083	5.45	0.116
140.7	26	109	5.19	0.091	5.36	0.103
146.6	24	367	5.23	0.090	5.51	0.092
176.5	25	402	5.00	0.094	5.33	0.105
112.9	21.2	175	5.07	0.103	5.13	0.179
176.3	24.2	325	5.05	0.089	5.33	0.114
163.5	24	424	5.30	0.084	5.49	0.086
150.6	24	329	5.18	0.093	5.32	0.134
199.2	26	387	5.32	0.105	5.56	0.108
201.3	26	377	5.41	0.104	5.55	0.131
170.1	25	332	5.27	0.130	5.55	0.102
			<b>5.25±0.17</b>	<b>0.100±0.016</b>	<b>5.46±0.13</b>	<b>0.111±0.022</b>

### Weight of Growth

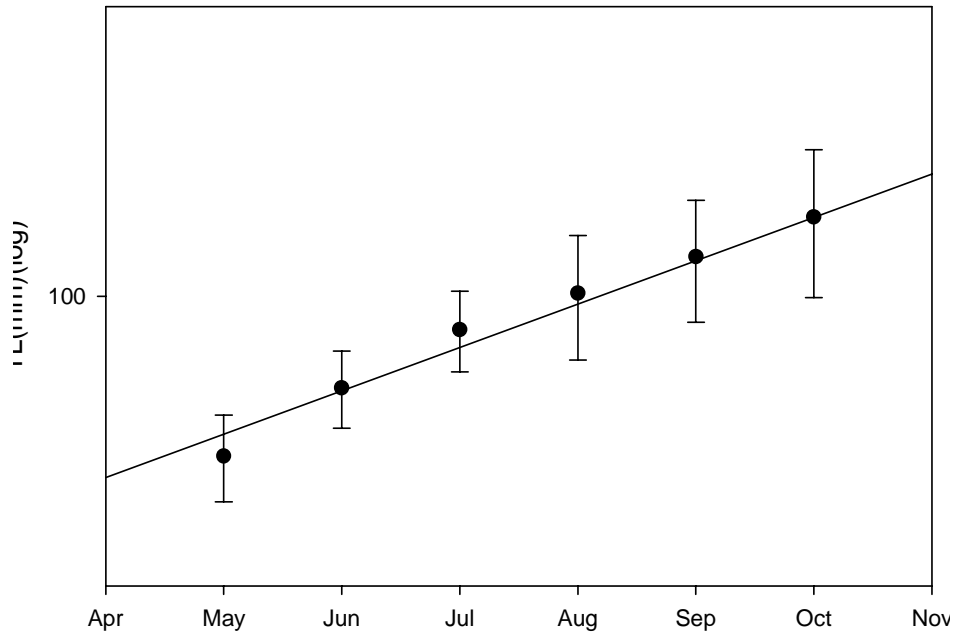


### Length of Growth

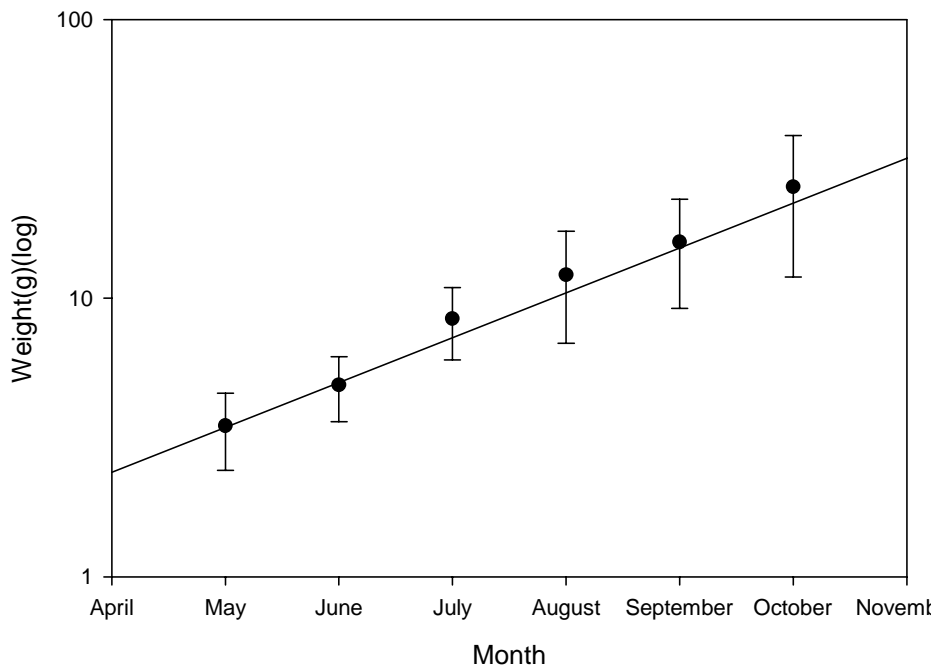


圖一、九十年級群之人工族群從 91 年 7 月至 92 年 10 月份成長趨勢圖

### Length of Growth

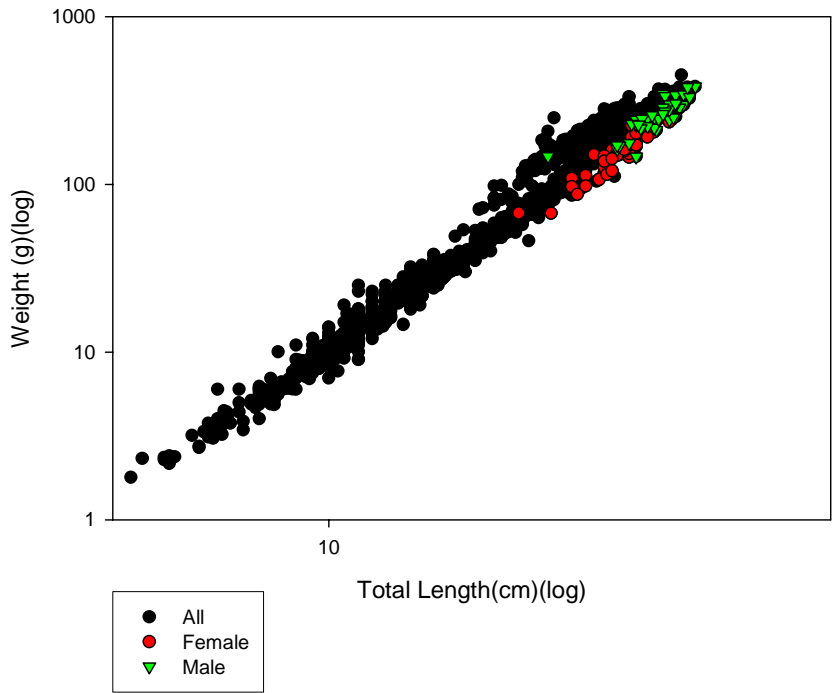


### Weight of Growth

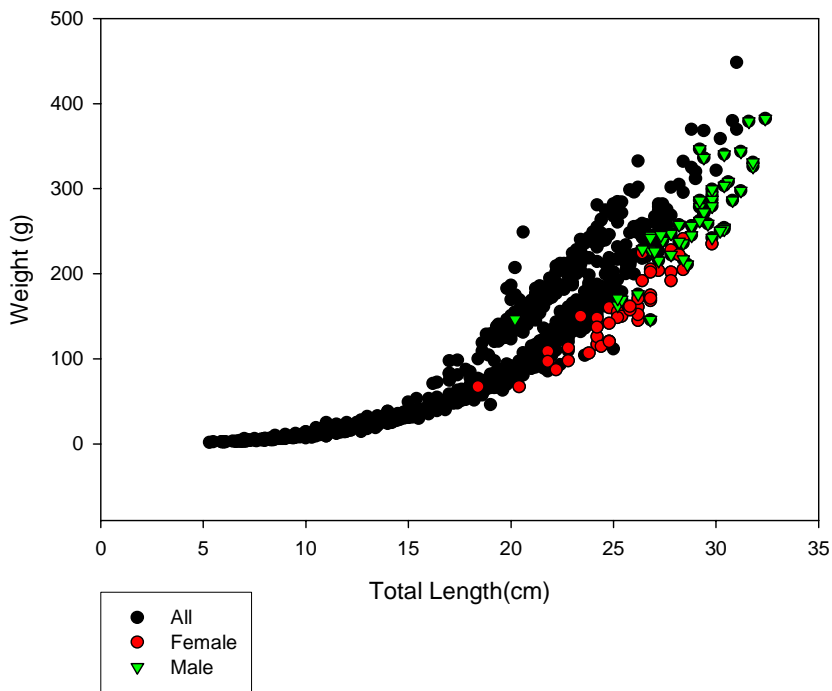


表二、九十一年級群之人工族群從 92 年 5 月至 10 月份成長趨勢圖

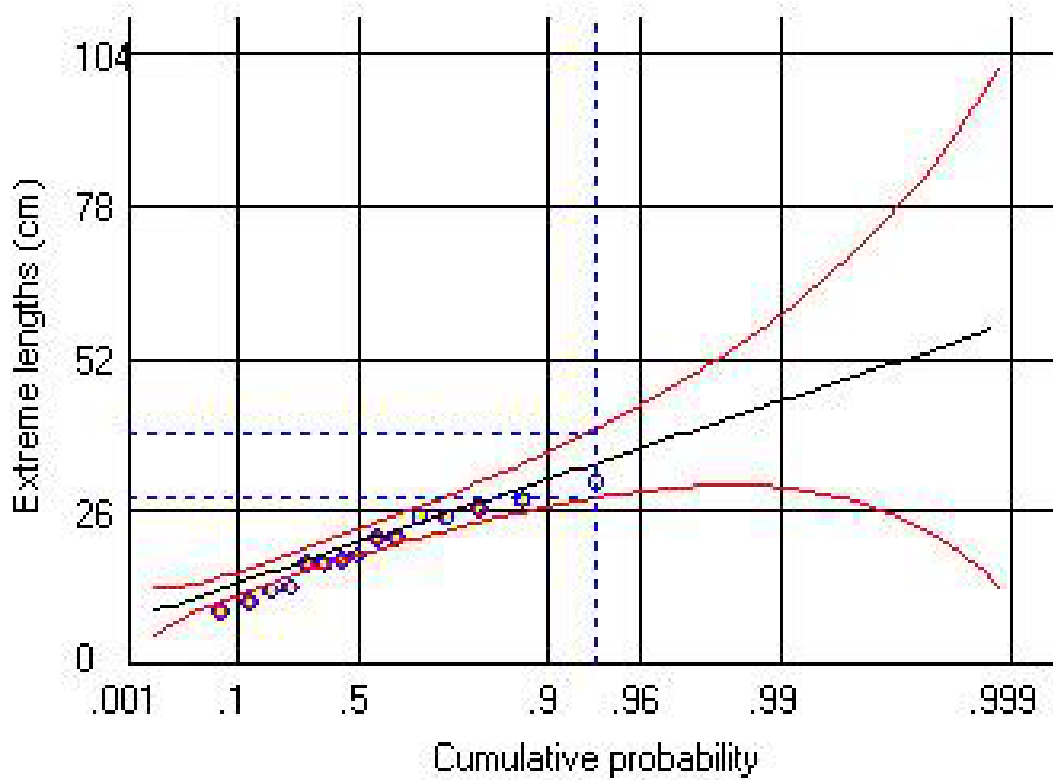
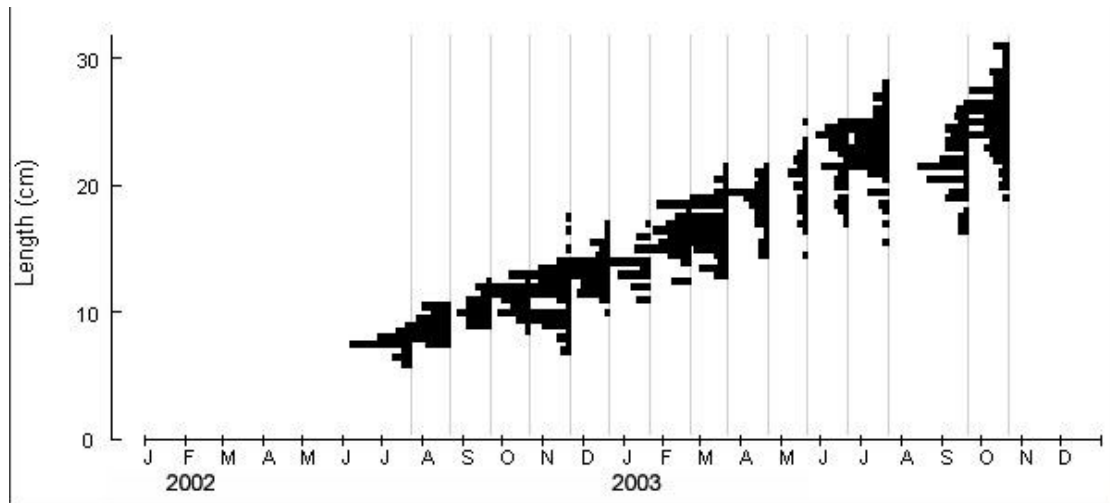
Length vs. Weight (Log)



Length vs. Weight



圖三、二齡之雌雄種魚成長比較圖



圖四、將 91 年 7 月至 92 年 10 月鮭魚體長頻度資料，以 Von Bertalanffy 成長方程式分析，得極限體長 32.55cm，極限年齡為 2.72 年



照片一、採捕野外種魚情形（廖林彥攝）



照片二、種魚選別

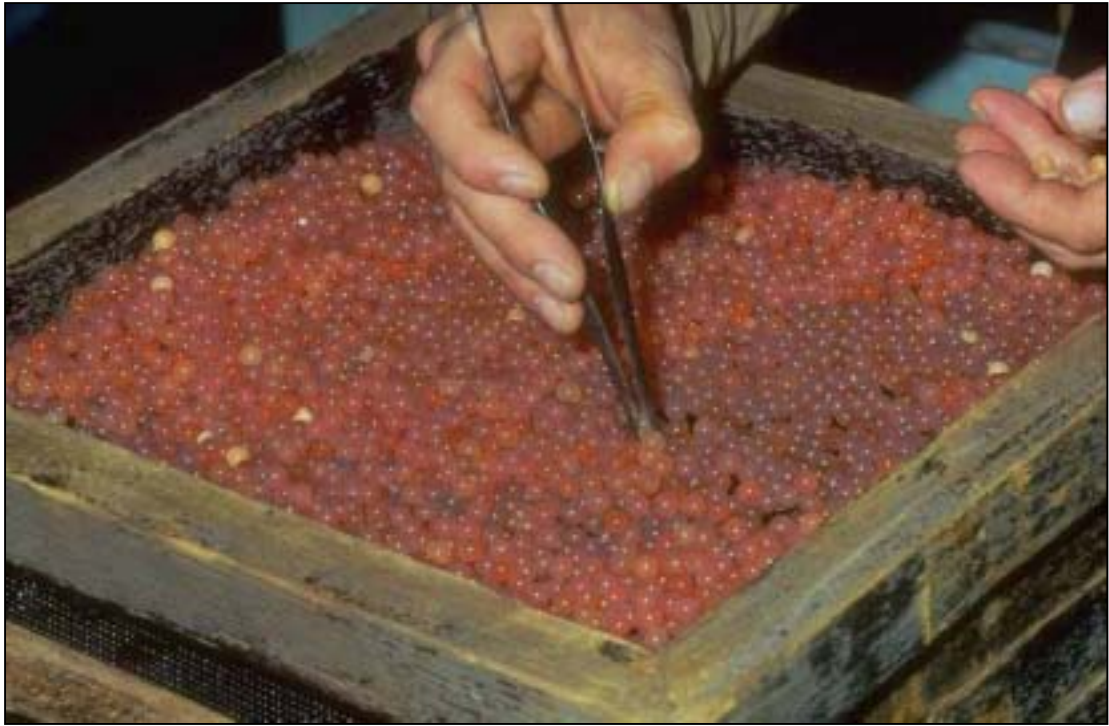




照片三、種魚催產



照片四、人工授精



照片五，六、檢除死卵



照片七，八、發眼卵和卵黃囊期（上蔡佩芳攝，下陳進發攝）





照片九、馴餌用箱網



照片十、準備開口攝餌之浮水期仔鮭（溫國彰攝）



照片十一、台灣鮭魚馴餌過程（溫國彰攝）



照片十二，十三、馴餌成功仔鮭之攝食情形（溫國彰攝）



照片十四、大小鮭魚分養



照片十五、定期量測鮭魚體重和全長（廖林彥攝）





照片十七、台灣鮭魚植入軟式條碼情形（廖林彥攝）



照片十八，十九、一齡一個月之台灣櫻花鉤吻鮭人工族群（溫國彰攝）





照片二十、二齡之台灣櫻花鉤吻鮭人工族群（溫國彰攝）



照片二十一、台灣櫻花鉤吻鮭復育團隊(左起國彰、景文、筆者、俊儒和宏偉)