

文獻整理

台灣鮭魚為台灣特有亞種魚類，冰河時期子遺的陸封型族群，原是洄游性魚類，因為板塊運動和 河川變遷，使得洄游的台灣鮭魚，被阻隔在大甲溪高山溪流中，成為陸封性的鮭魚，全世界只有日本、韓國及我國東北才有，而台灣鮭魚是全球鮭魚分佈最南限之一，它不僅是生物演化的重要題材，也是台灣與大陸板塊相連之地質史上的證據。由於數量稀少且珍貴，素有「國寶魚」之稱號。國寶魚的研究工作開始於 1919 年，日本人大島正滿報導國寶魚的分類地位，並於 1936 年開啟了台灣鮭魚生態學的濫觴，之後在 1940~1980 間因戰後及台灣光復時期而停頓。1984 年水產試驗所鹿港分所興建養殖池及孵化室，首度進行人工復育工作，1985 年起張崑雄教授擔任保育整體計畫召集人，與林曜松、楊平世、張石角、徐亞莉等多位教授共同推動鮭魚棲息環境與族群生態、教育中心規劃、水棲昆蟲相、鮭魚魚病、原生種魚類和溪流藻類之生態關係及保護區規劃等研究計畫，主要研究計畫如下：

1. 余廷基、賴仲義、吳聲森，櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會 73 年生態研究。
2. 余廷基、賴仲義、吳聲森，櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會 74 年生態研究。
3. 余廷基、賴仲義、吳聲森，櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會 75 年生態研究。
4. 林曜松、曹先紹、張崑雄，1989，櫻花鉤吻鮭之生殖生態與行為研究，農委會 78 年生態研究。
5. 莊鈴川，1988，櫻花鉤吻鮭資源生物學的基礎研究，國立台灣大學動物系碩士論文。
6. 戴永禎，1992，台灣櫻花鉤吻鮭族群生態學研究，國立台灣大學動物系博士論文。

1992 年雪霸國家公園成立後，台灣鮭魚的研究和保育工作便逐步由國家公園接手，自 1993 年起陸續展開武陵地區水源水質七家灣溪及水區之遙測與監測、特稀有動植物之生態、武陵地區沿線動物資源、武陵地區遊客承載量、防砂壩對鮭魚物理棲地之影響、七家灣河床棲地改善、櫻花鉤吻鮭精子之微細構造、櫻花鉤吻鮭族群生態、櫻花鉤吻鮭基因多樣性之研究及晶片植入技術等計畫。近

年來主要計畫如下：

- 1.武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查 (83)
- 2.櫻花鉤吻鮭族群調查及觀魚台附近河床之改善 (83)
- 3.武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查 (84)
- 4.櫻花鉤吻鮭復育研究 (84)
- 5.櫻花鉤吻鮭野生種魚觀察與人工繁養殖試驗 (84)
- 6.台灣櫻鉤吻鮭精子的微細構造 (84)
- 7.武陵地區溪流之水質調查與生物監測之研究 (85)
- 8.櫻花鉤吻鮭族群生態之調查研究 (85)
- 9.七家灣溪水棲昆蟲監測調查 (I) (85)
- 10.七家灣溪水棲昆蟲監測調查 (II) (86)
- 11.櫻花鉤吻鮭族群生態之調查及育種場位址之評估 (86)
- 12.武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查(三) (86)
- 13.櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(一) (87)
- 14.櫻花鉤吻鮭種魚蓄養及魚苗繁殖場規劃設計 (87)
- 15.武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查(四) (87)
- 16.七家灣溪河床棲地改善之試驗研究 (87)
- 17.七家灣溪河床棲地改善之試驗研究 (88)
- 18.櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(二) (88)
- 19.武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查(五) (88)
- 20.2000 年櫻花鉤吻鮭保育紀要 (89)
- 21.櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(三) (89)
- 22.武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查(六) (89)
- 23.七家灣溪河床棲地改善之試驗研究 (三) (89)
- 24.櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(四) (90)
- 25.七家灣溪河床棲地改善之試驗研究 (四) (90)
- 26.高山溪防砂壩改善前後棲地變化之調查研究 (90)
- 27.武陵地區環境監測計畫 (90)
- 28.櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(五) (91)
- 29.七家灣溪河床棲地改善之試驗研究 (五) (91)
- 30.武陵地區環境監測計畫 (91)

31.台灣櫻花鉤吻鮭種內基因多樣性之研究(91)

32.櫻花鉤吻鮭晶片植入技術之研究(91)

綜觀近二十年的研究計畫，前十年偏重台灣鮭魚與生態的關係，後十年以長期生態監測(LTER)的研究為主，屬於水產養殖相關研究只有幾篇，造成對台灣鮭魚基礎生物學的認知不足，並且缺乏科學的驗證，相關的鮭魚基本資料很多都屬臆測，例如台灣鮭魚成長速率、產卵量與體長體重的關係、孵化與水溫關係、雌雄生長速率、平均年齡、成長頻度等。除此之外，在人工復育方面，以往以野外種魚的畜養和放流幼苗為主要目的，並未真正實施保種的工作，致使國寶魚的完全養殖技術皆未確立，保存種源的保育工作亦未進行。

移地保育的目的乃是填補保育工作的缺口，防止國寶魚絕種，建立拯救瀕臨滅絕水產生物移地保育的方法。所謂移地保育(ex situ preservation)就是在自然原生地以外的地方進行物種的保育。物種保育整體的經營管理可劃分為就地(in situ)和遷地(ex situ)行動。前者著重在對自然族群和生態系統，加以立即的保護和復育，而後者朝向發展移地的基因保存能力，以便保護物種免於全然絕滅，並在被要求及可能的情況下，補充或復育自然族群。然而這兩個項目的目標，都是為了透過整體物種保育的模式，使之保有健康的族群和健全的群體社會。移地保育相較於就地保育，就好像是備分一樣；有時又是一種暫時性的替換手段，而顯得愈來愈重要。進行移地保育有五個主要理由：

- (1) 保存遺傳基因，防止瀕絕基因之消失--如同“諾亞方舟”或保險庫。
- (2) 維持並繁殖相當數量，供以後野外引種、再引回或增殖之材料。
- (3) 提供材料供研究、評估。
- (4) 提供材料供公共教育及展示。
- (5) 減低野外族群之利用壓力，有助於避免它們在野外消失。

為達成上述目標，台灣鮭魚的復育策略(Restoration strategy)為：復育養殖場之建立、棲地之復原及衛星族群之建立(郭，2002)。主要工作項目為：

- (1) 確立完全養殖技術：於復育養殖場內完成生活史的台灣鮭魚人工族群，在台灣仍在試驗階段，相關之人工繁養殖經驗及技術有待確立，目前依據美、日等國相關之鮭鱒魚類經驗以修正台灣鮭魚最適之養殖環境。現階段目標為建立人工養殖族群為第一優先，計畫推動完全養殖五年內暫不進行仔魚

放流，於確立人工養殖族群能產生大量仔魚時才開始進行人工放流。

- (2) 放流與監測(Release and monitoring)：台灣鮭魚於七家灣溪流域進行放流之工作已實行有年，但卻無實際進行放流後仔魚之存活率及評估人工族群對野生族群之貢獻或影響。放流仔魚須配合個體標識，以便輔助評估放流成效。放流仔魚之最適大小、時間及放流位置，必須做完整之規劃，以提高放流活存率及減低對野外族群生態之負面影響(Healy et al., 2001)，避免盲目放流，造成自然生態系額外之負擔。
- (3) 配子系統保存資料庫：即建立系統化之冷凍精液保存(Semen cryopreservation)統。為保存遺傳特性及預防族群滅絕，應建立冷凍精液保存設備，未來更應發展魚卵或胚體的凍結保存技術。系統化保存方式：如保存個體和身份標識確認、精液保存個體前之特徵描述、現場進行精液採集、處理和保存之流程及依族群(野外、室內)以不同空間保存數量之原始和備份記錄精液等。

一、建立室內人工族群-台灣鮭魚之完全養殖

提供最後之庇護以抵抗滅絕的危機。為維持保育多樣性，則應在一個種間，盡可能取得越多的基因多樣性以提供基因組合。維持基因的多樣性應從採集階段開始。基因多樣性是在遷地蒐集上，增加物種通過環境變異生存機會的原料，並能使物種適於保存、穩定地繁衍下一代。建立室內人工族群，對保育具有特殊的價值，並且是移地保育的主要部分。為獲取足夠的基因變異範圍，維持保育繁養殖場人工族群的基因多樣性，避免近親交配所引起的人工族群衰弱，以自行培養第一子代為目標，而後每年需持續進行人工族群與野生族群間之交配和繁殖，並於養殖場內完成鮭魚的「完全養殖」。

1. 台灣鮭魚種魚培育場設立

為維持保育養殖場人工族群的基因多樣性，應建立台灣鮭魚品系，並於保育繁養殖場內建立「完全養殖」之人工族群，進行人工族群與野生族群間之交配繁殖，以增加基因漂變度，達到保種、增加族群數量目的。

2. 台灣鮭魚基礎生物學之建立

台灣鮭魚以往只有蓄養野外捕捉之種魚和自發眼卵自三、四個月大之仔稚魚之經驗。捕捉之野外種魚主要目的為生殖季節人工繁殖用；而人工復育之魚苗於體長約二至三公分大時，則全部放流，並未繼續蓄養。以往每年進行台灣鮭魚族群普查，並未能確實區分野外和人工復育的族群，而人工復育是否真正能夠適存於野外環境而正向地補充野外族群的數量亦並未做徹底的調查。為確保人工繁殖所產生的魚苗能夠永續長存，雪霸國家公園管理處決定立即進行台灣鮭魚之完全養殖，期能產生穩定且一定數量之魚群，再適時適地補充野外族群。台灣鮭魚基礎生物學研究範疇包含：環境生物學、食性及基礎成長、生殖生態等。

(1)環境生物學：目的以監測室內養殖環境如流量與流速、溫度、光線、養殖密度等因子對台灣鮭魚成長影響之關係。

1)流量與流速

自然界中溪水流量的多少對鮭鱒魚類也有影響，水流量過多、過少對魚類的成長都會有負面的影響。水量過少時，水位降低、河床裸露，成魚常因此而大量死亡(Owen,1975)。當水量少時，魚的卵及仔魚可能會與河床嚴重碰撞洗擦而死亡，另外河水氾濫時，溪流中夾雜之大量泥沙也會減低河川的天然負荷量，淹沒魚類天然的產卵場及孵育場。

台灣鮭魚對棲地之喜好，隨其成長而改變。幼魚期不適合在急流中運動首見食(Takahashi & Higashi, 1980)，故在水潭中數量較急流中為多(Kojima & Sugiwaka, 1980)，也顯示幼魚喜聚於類似水潭的環境。而二歲大的鮭魚則較喜出現在半急流半水潭的水域，成魚則多生活在急流中，此可能與該地的水生昆蟲較水潭區域為多之故(Tsuda, 1962)。

在流速較快的區域，鮭魚族群數量會增加，除了其趨流反應(Rheotactic response)外，主要可能為空間和食物的關係。流速快的河川，其中漂流生物量便多(Chapman, 1966)，而漂流的生物為肉食性魚的主要食物來源(Mills, 1972)，所以在急流區域，魚類在較小空間便獲得足夠食物，使領域呈縮小現象，因此同等空間內可容納更多同類，族群乃得以擴充。因高流速水流對大西洋鮭魚(*Salmo gairdneri*)和棕鱒之幼魚有視覺遮蔽作用(Visual isolation)，也會使其縮小領域而增加族群數目(Chapman, 1966)。

而室內養殖場除水源外，無法提供魚群相近於溪裡之天然環境，因此有必要長期監控及記錄養殖池之水文資料。養殖池水之水流量及流速亦可能對鮭魚造成成長、免疫功能及游泳能力等影響(Azuma, 2002)。以不同流速下蓄養 11 個月對 masu salmon *Oncorhynchus masou masou* 成長、免疫功能及游泳能力的比較中，顯示出養殖池中的流量及流速確實會影響鮭魚某部份的生理機能。因此養殖池水道設計、水流量及流速之控制已然成為台灣鮭魚完全養殖中不可或缺之考慮因子之一。

2) 溫度

台灣鮭魚屬冷水性魚類，對環境中溫度變化要求相當嚴格。其野生鮭魚之最適合的生長溫度約在 16 以下，而其生長、產卵及卵之孵育溫度約在 9~13 之間，過高或過低均會產生不良的後果。余等(1987)指出，自受精至孵化，平均水溫 11.8 時需三十八天，平均水溫在 10.7 時需四十二天，而在平均溫 12.5 時孵化所需時目約三十四天，由此可知受精卵在適溫範圍內，水溫愈高，孵化所需時間愈少。

一般森林溪流的水溫主要受到日照輻射量以及森林遮蔽罩蓋度(stream surface shading)的影響。但仍必要隨時記錄溪水及養殖用水之實際溫度以比較是否對其生理成長造成影響。此外，繁殖季節必須監測水溫對受精卵孵化時間及孵化率的影響，如 2002 年之受精卵孵化率較 2001 年下降的原因是否直接來自於水溫變化值得深入追蹤及探討。使用水溫監計錄器，分別記錄野外及室內養殖場之連續性水溫資料。每一支溫度記錄器，在使用之前，皆事先在循環水槽中以冰水狀態進行過線性升溫試驗，預誤差不超過 0.5 為容忍範圍，確定其所記錄溫度值的準確性，才使用於記錄。整個水溫監測計畫，野外部份是在現有台灣鮭魚分布的七家灣溪各個河段。而室內養殖場中則代表性放置在各個主要的池子中。自動記錄的光學型溫度記錄器(ONSET, optic StowAway temperature data logger)，時間設定在每小時儲存一筆平均水溫資料，每一至二個月的間隔讀取記錄器所記錄的資料，進行分析，並進一步比較各設置區之溫度變化。

3) 光線與掩蔽

光線對魚類生存相當重要，魚類對光的波長與強度感應隨種類而異，一般而言，光對魚的行為及生理作用均會產生影響(Nikolsky, 1963)，Ali (1959)自組織生理觀認為，太平洋鮭魚(Oncorhynchus)之網膜細胞反應隨年齡增大而加強，Hoar(1958)指出，Oncorhynchus spp.幼年期時，逆光性並不明顯，但在年齡增加後反應便趨於強烈。由此推論，在溪流中，掩蔽物之提供對成魚而言是必需的。掩蔽物的功能有逃避敵害利於植物之生長及在天氣過熱 提供陰涼的位置等(Hunt, 1971, Owen1975)。

室內養殖場避免了太陽直接照射之優點，但是缺乏光週期之影響是否影響鮭魚之體成長，體色表現或性成熟的時間則值得注意。室內養殖族群從小已習慣與人類接觸，人類接近時反而激起魚群興奮及掙食的欲望，掩蔽物的有無似乎對馴養的魚群無太大的影響。但掩蔽物存在與否於繁殖季節對於性成熟之鮭魚是否需要則必須進一步進行觀察。

4) 空間大小

野外之鮭鱒魚類時有爭奪領域現象(Gibson, 1966)，而其原因至今仍未十分確定，但大致上與魚類密度、環境中之食物多寡及族群的變動有關。而產卵區及孵育區之存在和短期間食物數量的變動也會對域性造成影響。一般認為環境中大魚對同類小魚有抑制成長作用，此乃由於體型和空間的壓力致使幼魚之 ATCH(促甲狀腺素)分泌量增加而抑制成長。因此對於室內養殖策略須注意養殖池之空間、放養密度、魚群適時之大小體型分段分養等措施。

(2)基礎成長記錄

記錄台灣鮭魚生活史中個階段之成長資料，工作項目為：記錄包括成長曲線、增長率、增重率、溫度(季節性變化)等之記錄。

(3)生殖生態學：

因法令限制問題不能直接取得活體台灣鮭魚之生殖腺採樣，除非在繁殖季節中有意外死亡之母魚，否則取得數量相當的生殖腺實在不容易，因此無法得到較實際及客觀之數據。其中孕卵數或生腺發育情形、生殖腺成熟度指數、生殖腺之組織切片之記錄及卵巢成熟階段，目前只能來自排/

擠卵數之相對數值。由於無法取得卵巢之組織切片，因此無法由卵細胞發育狀況判定是否為具有產卵能力之雌魚。因此主要由生殖腺外觀判斷，產完卵之生殖腺摸起來為扁扁皺皺，且成熟之生殖腺腹部呈現較飽滿之凸起，且排/擠出之卵粒大小差異較小，卵粒成熟度亦趨於一致；而未成熟之卵徑則相反。

二、基因庫和種質保存

基因庫就是蒐集經檢驗具有生存能力的繁殖材料，並將之保存於能長期維持其生存能力的狀態下。一個基因庫可能包含精子、卵子、胚胎或 DNA 等。為保存並增加未來遺傳特性，先期階段應先建立冷凍精液保存設備並同時開發凍結保存技術。並透過棲地保護來輔助人工族群基因多樣性的保存。一般較常見之種種保存有以下幾種形式：

1.符合遺傳生態學的人工繁殖

以人工養殖群體補充衰竭瀕危的族群量，而且要使其對野生族群的衝擊降至最低，具體的步驟大致有五個(Tave 1986; Kapuscinski and Jacobson 1987; Ryman and Utter 1987)。

(1)維持親魚群體的適當大小

在條件許可情況下，族群群體越大越好。當 N_e 在 1000 尾以上時，遺傳漂變的影響幾乎可以忽略。此外，要儘可能保持 1:1 的雌雄比例。

(2)定期更換親魚群體

種原庫所保存之魚種，不能原封不動地永久加以飼養保存，必須適時將老化之魚種逐步予以更新，定期地引入天然族群作為親魚，可以減少人為逆向選擇的危害，限制遺傳瓶頸、遺傳漂變及近交等的發生，從而保持天然族群的遺傳變異性。

(3)在不同地點分別移(易)地保存，以保護族群間的變異：

因為在狹小範圍內進行有限的選擇往往會使族群基因同質專一化，而任何族群同質的專一化將降低基因庫的變異。本論文擬探討如何加庫的變異，減少族群在生態上和演化上的可能。

(4)低溫保存配子和胚體

(5)應用新的育種技術

2.基因多樣性之維持

必須符合生態學的原則標準，推展並協調統合養殖、再生生物學(reproductive biology)和野外物種繁殖的研究。選擇自然繁殖成功率低的下流族群為種魚，以活化下游地區種魚對於族群的增殖能力，由於防砂壩的阻隔，使的下流族群無法與上游族群進行基因交流，因此在進行人工放流時將部分的魚苗放流至上游地區，以增加族群間基因交流的機會。進行人工受精，以期能增加人工復育子代與野生族群之基因變異度為目標。

保持台灣鮭魚基因庫之具體做法：

(1)實施多元授精法

以 1999 年台灣鮭魚人工復育為例，共捕獲五隻雌種魚，十隻雄種魚，在施予人工授精時，秉持一雌對多雄原則，即以一隻雌種魚產下的卵配上多隻雄種魚的精子，予以授精，如此下來共有將近 50 種基因組合，以符合基因多樣性的原則。其他增加基因多樣性的方法有：

- 1) 進行人工族群與野生族群間之交配繁殖
- 2) 利用不同年齡層的種魚
- 3) 利用冷凍保存之精液

(2)捕捉不同河段種魚

因為攔砂壩阻隔使的鮭魚族群被片段分割，下游鮭魚無法迴游與上游族群作基因交流，為避免有近親交配之虞，在人工復育採捕野生種魚做法上，是將下游種魚與上游種魚或七家灣溪種魚與高山溪種魚進行人工受精，以期能增加人工復育子代與野生族群之基因變異度，再則鮭魚壽命並不長，能活存五年者寥寥無幾，故基因萎縮並不會因人工補充量增加而快速增加。

(3)確立冷凍精液保存技術

以生殖細胞之冷凍保存方法可以使稀有物種基因多樣性萎縮速率減緩，有

關精子冷凍技術在目前已能成功克服相關問題，技術亦趨成熟，本處委託海洋大學郭金泉教授研究可將冷凍精液（二卵割）受精率達 48%，已為雄核發生（雄核生殖）染色體工程邁出第一步。

(4)台灣鮭魚基因庫現況

當族群數量少於 1000 尾時，確實有基因多樣性貧乏的疑慮。但要以科學鑑定同種間族群之遺傳變異度方法，目前還未有定論。清華大學生命科學系王昱人先生之碩士論文中以同功異構胸電泳分析法指出台灣鮭魚傾向於近親交配，族群間變異係數（ F_{ST} ）為 0.081，表示族群幾乎沒有分化結果之正確性，有待商榷。因為以同功異構胸電泳分析法是分辨不同物種的基因相似度的方法，但台灣鮭魚為相同物種，當然遺傳結構是相同的，不能以此方法下結論，更何況要做基因的變異度，樣本必須新鮮，且數量需要達 50 個單位以上，所得之數據準確度才能採信。而今各界都以此篇論文為依據，站在學術立場，實有必要加以說明。

3.配子系統保存資料庫

- 1) 確立精液冷凍保存相關技術
- 2) 精液保存個體和身份標識確認
- 3) 精液保存個體前之特徵描述
- 4) 現場進行精液採集、處理和保存之流程
- 5) 精液品質確認之記錄與負責人署名
- 6) 精液取用其程序與備要之取用記錄表
- 7) 依族群(野外、室內)以不同空間保存數量之原始和備份記錄
- 8) 計劃改進補充保存質量並重精液計劃
- 9) 規劃冷凍保存精液流向資料庫：
 - a.精液採集和保存量之上、下限
 - b.精液品管之追蹤記錄
 - c.精液用於復育用途之記錄
 - d.精液用於研究之記錄
 - e.精液用於交換(野外及室內族群)用途之記錄

4.組織培養與染色體 DNA 庫

生物技術，可能在未來幾年之後將大大改變基因庫的本質，為最具保存種原

多樣性潛力的方式。其中被廣泛用在的系統就是組織培養，超低溫保存技術 (cryopreservation) 的發展，更有效的擴展此技術之層面。另一種則是以 DNA 片段為保存體，可以被重組或放大做為育種之用。目前這些生物技術能成功地直接應用於保存種原的例子相當的少，一方面限於成本過於昂貴，另一方面則必需對物種的發育機制與遺傳結構有更深入的瞭解，才能期望利用這些技術來保存種原之多樣性。

5. 雄核發育 (androgenesis) (小野 里, 1997; 郭, 2000)

配合凍結保存精液之技術，積極地保留其基因遺傳多樣性；另外亦可利用此技術發展雄核發育 (androgenesis)，消極地為台灣鮭魚保留最後一道生機，即只需凍結保存其精液，就能永久的保存此物種。一旦該物種滅絕，可借助其近緣物種的卵子，應用凍結保存 A 物種之精子，透過雄核發育技術使 A 物種的精子發育，達到復活該 A 物種的目的。雄核發育在物種保存尤其是應用於稀有瀕危珍稀物種的保育 (conservation of endangered species) 及胚種質之維持 (germ plasma maintenance) 比雌核發育 (gynogenesis) 更有將來性。發展雄性發育 (雄性發生; Androgenesis) 和精子保存技術可以保存重要獨特實驗物品系和保育珍貴稀有之瀕危物種。

雄核發育在魚類育種上，應用在魚類育種工作和遺傳學研究領域，誘導雄核發育可用來加快品種、族群等選育品系的形成，分析數(定)量性狀遺傳、及染色體上基因的定位 (gene mapping) 等。

欲建立近親交配系 (generation of isogenic line) 若用傳統的育種方法，一般要經過連續數代的近親交配才可建立一個遺傳純系。這是一項長期、繁複而綿密的工作，需要養殖大量的後代，而且因魚類成熟週期之世代而需要較長的時間，另外還會因近親交配衰退及養殖飼育條件之限制而淘汰部分個體，造成部分育種材料的丟失。採用人工誘導雄核發育的方法可以加速純化過程，只需要 2 到 3 個連續的雄核發育世代就可以得到一個近親交配系數為 0.8-0.9 的魚類純系；這相當於 10 個世代的同胞交配。雄核發育為育種上加速獲得高度純合系的種類提供了可能和可行性，同時也為基因定位提供二個標準參考品系 (standard reference strains for gene mapping)。一如近親繁殖(交配)一樣，雄核發育的第一代，會出現遺傳多樣性。由這些個體再次誘導雄核發育，所獲得的第二代會有很高的純合性，並且個體間的遺傳差異也變小。因此，誘導雄核發育的第二個連續世代的各

個後代都可以認為是一個純系。在雄核發育的後代中，由於高度的純合性，可能會表現出明顯的近親繁殖(交配)衰退的現象。因此透過雄核發育之同時也可快速淘汰劣質基因，挑選出由較理想的優良基因所構成純合性高的選育品系。根據雜種優勢 (heterosis) 的原則，雜交親本越純，優勢率越高。利用雄核發育育出之品系，進行魚類的雜種優勢，可望大幅度地提高雜種優勢。其次雄核發育若借異種之物種的卵生產後代，由於卵細胞質的基因(尤其是粒線體 DNA; mitochondrial DNA;核外基因)亦會貢獻於子代，而形成核-細胞質雜種的後代。因此雄核發育也可以應用於檢驗粒線體遺傳 (mitochondrial inheritance) 之研究。

三、人工放流及評估

1.適時適量的人工放流及評估

(1)「引入」

把可能瀕臨絕種的物種引入到一個新的環境中復育，這個新環境從前並沒有這個物種，而且這新的環境可能比此物種從前的環境更合適，也可能較不好反而使此物種產生不適應。建立人工室內族群就是一種引入的模式，將野外的種類移置室內生長、繁衍，但最終目標即是可將這些暫時圈養的生物再度放回原本屬於自己的自然界。

(2)「再引入」

是指從前 A 地區曾經有此種生物生存，然而因為自然環境的變遷、食物來源消失或是人為獵捕的影響，使得此生物在 A 地區滅絕，把在 B 地區仍生存的個體引介到原本有此物種的 A 地區進行復育的動作，就稱為再引入。再引入的環境與生物原棲地環境雷同的原因，目的是為避免生物產生適應障礙，也避免對新環境中的生物產生前所未有的衝擊，同時也可避免產生疾病。至於引入或再引入的個體數量要多少？是怎樣的模式？到了什麼程度才定義為成功？都還有待評估。

台灣鮭魚原本廣泛分佈於整個大甲河流域，而現今只限於分佈於七家灣溪主流及部分上游支流，台灣鮭魚移地保育的目的除使穩定族群數量外，利用符合基因多樣性的人工繁殖可增加遺傳性狀，增加人工繁殖族群對抗天擇的考驗，可望擴大台灣鮭魚目前之適存範圍。

(2) 每年幼魚增加之數量與放流數之關係

由「櫻花鉤吻鮭族群數量之監測與調查」(曾晴賢, 83-89年)委託研究案

可知，野外新增之幼魚數與人工放流魚苗數成正比，尤其在最近這五年，更可以明顯看得出來新增之族群絕大多數皆為放流之魚苗。反之，若當年放流數量少，新增加之族群量即減少，由八十七年放流八十五尾（因颱風來襲無法順利採捕種魚），當年的調查一齡的魚苗數量即不到 200 尾，可見人工放流之台灣鮭魚魚苗多寡與族群數量密切相關。

然而 2002 年度野外數量調查結果(曾晴賢，2002)，著實令人驚訝，總計數量為 4221 尾。其中一齡魚有 2933 尾，二齡中型魚有 963 尾，三齡以上的大型成魚有 325 尾。比較歷年調查結果，總數量創下歷史最高，主要增加的為幼魚族群。與以往不同，所有幼魚都是自然更新的族群，而非人工復育所放流，因為自 2001 年度以後人工繁殖的幼魚族群目前仍蓄養在復育養殖場中。野外族群結構組成為金字塔型結構。據(曾，2002)推測一齡幼魚大量出現的原因可能與 2001 年之水溫較低、2002 年上半年豪雨洪水較少和種內競爭較少有關。

(3) 人工放流建立新族群

原本在高山溪四號壩以上沒有台灣鮭魚蹤跡，但在 1999 年防砂壩改善後並放流約六百餘尾魚苗，在 2000 年夏天潛水調查時已可見 138 尾鮭魚，佔族群數量的 18.9%（曾晴賢，櫻花鉤吻鮭族群監測與調查期中簡報，2000 年，第一頁）。而目前在七家灣溪五號壩以上的族群數量，亦是若干年前人工放流所建立的新族群，目前的族群數約佔總族群數量 15%。在高山溪河段自 1999 年進行拆除攔砂壩後，族群更新與數量呈現穩定狀況，因此在沒有重大災害與人為活動影響下，族群應可自然演替更新，暫時可以不必再對此河段進行復育放流，否則可能會造成野外族群的負擔。對於人工放流部份可以考慮域外放流，如進行南湖溪或司界蘭溪流域之放流試驗評估(曾，2002)。

(4) 人工放流促使族群年齡結構健全

在棲地環境還未恢復適合鮭魚產卵孵化前，放流的一齡人工魚苗能使整個族群回復穩定的金字塔型結構。由 2000 年夏天普查結果共計發現 728 尾台灣鮭魚，其中一齡以下幼魚有 339 尾，一至二齡的中型成魚有 176 尾，比較二齡以上的大型成魚則有 213 尾，顯示人工放流一齡魚苗對族群年輕化的貢獻。

(5) 確立鮭魚晶片植入技術

為正確評估放流成效，必須執行鮭魚晶片植入或體外標識放流計劃，始可正確分辨是野外自然繁衍或人工放流族群。

(四) 監控遺傳變異及近交程度

近親繁殖中，通常容易伴隨遺傳缺陷的出現。因近親交配之動物體質普遍較差，並且較容易感染疾病，生育能力減退和隱性基因暴露增多，這個現象叫“近親衰退”。這種有害影響是由於若干對不利的隱性基因純合造成的，如不能生育正常生活所需要的，或者產生不正常的蛋白質或其他化合物，或激素的不平衡。因此有必要持續追蹤死亡個體是否為遺傳疾病所致，利用死亡魚體進行染色體分析。

1. 遺傳檢測：

(1) 分析 DNA 或染色體分析

1) 養殖之成魚、仔稚魚及野外種魚：避免傷及魚體，可採用取體表鱗片等以減小對魚體的緊迫和傷害。

2) 死卵採集及分析：

於短時間內死亡的死卵固定收集並分析其所有的染色體組成，診斷這些染色體有無數目異常。染色體數目異常的診斷有兩種途徑：用傳統的染色體計數及用熒光 PCR 進行多態位點定量分析。熒光 PCR 是近年發展起來的新技術，敏感度很高。對多細胞水平的定量分析來說，它是一種穩定可靠的技術，但因選擇性擴增的緣故，單細胞的定量分析中有 25% 的診斷結果不可靠。

(2) 生化位元點標誌基因檢測

生化位元點標誌基因檢測常使用醋酸纖維素膜電泳技術。將待檢標本(血清、腎漿等)點樣，走電泳，顯色。然後分析得到的電泳圖譜，確定各待測位點的基因型，然後把這些基因型與各品系標準基因型對比，列出相同與不同的基因位點。從而判斷被檢測品系的純合程度。

(3) 微衛星(Microsatellite) DNA

微衛星 DNA 位於細胞核內的 DNA(nuclear DNA)，屬於非密碼(non-coding) DNA，具有重覆性(repetitive)。微衛星 DNA 具共顯性(codominant)並且遵守孟德爾遺傳定律，具有相同的重覆片段(CTGT or GACA)但不同的重覆次數，普遍存在生物的染色體中，目前是被廣泛應用於水產資源管理的分子遺傳標記。如各種種群或族群的遺傳分析、親子鑑定、基因組作圖和育種計畫，更可以作為探討養殖族群遺傳變異之改變、推測族群的近交係數及人工養殖族群的有效繁育族群數目

等評鑑(引用自 Stead and Laird 2001)。

(4) 多型性 DNA-RAPD(Random amplified polymorphic DNA)

自 DNA 遺傳的多態性(polymorphism)及其序列變異程度來追溯族群演化關係等。RAPD 分析技術可建立野生動物基因圖譜供品系鑑定用。隨著分子技術的發展，DNA 標誌已被普遍利用作為遺傳歧異度評估及作物種原分類的工具，其 RAPD 分析法採用隨機序列引子，所需的 DNA 量少，敏感度高，若將一屬多型性條帶視為一個基因座，則同一族群中的個體所表現之條帶有、無的頻度，可作為探討族群遺傳結構的介量，再利用 ANOVA(analysis of molecular variance)分析可得知族群分化的程度；以 Shanno's diversity index 表示，可區分出族群內的歧異程度，作為訂定種原收集及育種策略的參考。由 DNA 聚合連鎖反應(PCR)發展出來的 RAPD 分析技術最近廣泛應用於分子生態學、族群遺傳學、生物學、生態學及法醫鑑識學等的研究。

四、移地保育之注意事項

(一) 避免引進疾病和掠食者

物動採自野外，在封密狀態下可能很快得到疾病和病原體。如果缺乏自然防護或免疫力，這可能產生壓倒性的影響。經由人工養殖的方式來達到重建野外族群的方法，若使用有病害的材料，結果往往是弄巧成拙。對於危急瀕絕物種，從一個遷地機構移植到另一個遷地機構，特別是有可能以遷地的材料做為野外復植用時，必須配合檢疫的措施。

1. 建立簡便及有效的疾病檢疫系統：

1) 建立台灣鮭魚疾病管制及排除系統，快速診斷、過濾可能病原、病因及進行即行之隔離及排除等工作。如果必要則必須於短時間通告後立即提供這方面技術的專家協助。

2) 對於具個體差異及已產生疾病的個體，依其生理狀況進行隔離檢疫工作。

(二) 文字記錄

對移地保育而言，記錄並評估所獲得的任何資料是非常重要的。良好的記錄可以幫助系統的建立、採集品的維護及資源的交換。

1) 死亡的魚體，都必須在最短時間內，詳實的記錄死因(包括病因、發育問題、

餌料問題、殘食、水質狀況等)及死亡個體之基本資料(如體長、體重、年齡等)。在資料庫中。否則記錄系統容易淪為誤導，變得少有價值，甚至將錯誤的資訊當真而浪費可貴的時間。

2) 來源的鑑定：藉由字元數碼晶片植入研究之協助，建構鮭魚身分認證資料庫，確實掌握室內人工族群中每一個體之基礎資料，以期追蹤往後人工族群之親代來源，亦便於建立部份系統化之配子保存之相對應。

3) 繁殖季節野外種魚採集細節：包括採集者、採集日期、採集地點和採集號碼(如果有的話)及辨別為來自野外族群或人工放流之族群，以期追蹤野外親系族群的大小和狀況且確實掌握室內人工族群子代之親代來源。持續追蹤野外族群數量及人工放流成效對移地保育之物種而言特別重要，因對此族群而言，大部分的基因變異受到限制，持續記錄其採集及隨後的歷程，能大大增加這些被"圈養"物種的保育價值。記錄繁殖歷史，以便了解這個被保護種的基因變異。對移地保育而言，記錄並評估所獲得的任何資料是非常重要的。良好的記錄可以幫助系統的建立、採集品的維護及資源的交換。

(三)系統化維護

有系統的、經常性的調查、監測室內繁殖場的情況是基本而重要的。這些工作應至少每個月做一次，以下的資料應記載在視察記錄中。

1. 實際存在的魚群個體切確數字。
2. 個體差異產生原因和健康的顯著改變。
3. 水質問題，水溫、水流量、及其他相關水文因子之掌握
4. 養殖密度及分養制度之建立。
5. 疾病預防及治療控制

五、移地保育之限制

(一) 時空限制

因為受限於空間而經常必須以小樣本族群來作業。移地保育只能有所取捨的選擇某些生態系統的組成成分，但應以不影響生物豐富度保護的長期計畫為原

則。移地保育僅是有相互關係的一系列保育技術中的一項，一個整體的保育措施必須考慮並應用各式各樣最好的選擇，包括就地和移地的方法、不同型式的生物基因庫和生物學。

(二) 相輔相成的就地保育

一個生態系的生物種類繁多，許多其他生物的生態習性如生活史、食性、生殖等均不了解，根本無法進行目標種原保存式的物種保育，且種原保存會有基因變異減低而不利種族存續的問題，即使台灣鮭魚繁殖成功，但若其天然棲地水域已被破壞，也不可能再放流；且水域生態系之生物網關係複雜，不可能只保存一種而不受其他物種所影響，因此惟有保護棲地，整個生態系連同所有當地的生物含魚類一齊保存為主的「生態保育」基本上的差異，也才是未來正確保育的作鑿。此外河川棲地的復原，是目前復育淡水魚類極待努力的方向。

台灣鮭魚歷年在就地保育方面的成果：

(1)完成高山溪四座防砂壩改善工程

原為延長水庫壽命減少淤積所設置的攔砂壩完成後，會使河床變寬，河水變淺，水溫變化劇烈，水生昆蟲減少，魚類賴以生存的深潭多樣性環境遭到破壞，影響魚隻的生存、魚卵的孵化及阻隔魚之活動空間。本處於八十七年以高山溪三、四號壩為實驗對象，針對兩座壩不同的拆除方式，由室內水工模型試驗，測試河床間的淤積坡度、斷面、沖刷坑與輸砂量的相關性，並提供拆壩參考依據。經多次開會協調並進行現場勘查，各相關單位均支持本處防砂壩改善計畫，在八十八年三月及八十九年十月完成高山溪三、四號防砂壩改善工程。目前的監測結果發現櫻花鉤吻鮭族群在三、四號攔砂壩之間有互相游動的跡象，同時溪流棲地物理性狀亦發生改變，原有砂石混雜均質單一性之河床表面變成多樣性的河面，深潭數亦明顯增加，有助櫻花鉤吻鮭的生存繁衍。有鑒於防砂壩改善後監測結果良好及台灣鮭魚生存的急迫性，於是在本（九十）年六月一併將高山溪一、二號防砂壩改善完畢。

(2)設置台灣櫻花鉤吻鮭魚人工避難河道

七十九年莉莎颱風和八十四年的賀伯颱風，強烈的破壞力，造成溪水改道，許多深潭被砂石填平，原本適合鮭魚繁殖的天然產卵場消失，是鮭魚目前族群數量劇減的主要原因，加上颱風所帶來的豪雨，溪水暴漲，將許多鮭魚沖至下游，

而下游地區水溫和週遭環境並不適合鮭魚的生存，鮭魚欲往上洄游時，又有高聳的防砂壩阻隔，當棲息環境超過承載量時，鮭魚也會逐漸死亡。有鑑於此，本處將七家灣溪二號壩與三號壩間之「湧泉池」，設計為鮭魚之人工避難所，將深潭淤沙清除，同時再將引水道與七家灣溪主流匯口處加強護岸，並在引水道內以石頭堆砌成階梯狀和複式斷面水路，讓鮭魚能順利洄游避難。

(3)進行七家灣溪護岸工程

七家灣溪一號壩下方靠近露營場附近，原來也是鮭魚的良好生存環境，但在強烈颱風肆虐下，原有的河道一分為二，造成許多深潭被填平，水溫升高，河岸被沖刷，土方流失，下一場大雨過後，常有鮭魚受困於河岸邊的低窪處。本處有鑒於護岸工程的重要性，希望藉由生態工法理念施作以達到穩定七家灣溪坡岸，將颱風對台灣鮭魚之傷害減到最低，以其恢復舊有的深潭環境，提供櫻花鉤吻鮭之避難所。

(4)復舊造林

森林是水的故鄉，水為生命的泉源，水質之良莠視森林植被狀況而定，它直接影響生物族群的興衰，更是眾多特有野生動物棲息的場所，台灣近幾十年來一直追求經濟成長，創造傲人的經濟奇蹟，但同時也造成整個生態環境的破壞，水土嚴重流失，武陵地區亦因農墾開發，造成森林砍伐，水質惡化，土壤沖刷，水庫淤積，嚴重改變了溪流環境。據此本處積極與武陵農場協商，希望武陵農場加速轉型，以生態旅遊為主，逐年減少農墾作業，收回農地植樹造林。

- 1.八十四年四月間進行「觀魚台附近棲地改善造林暨沿岸植生復舊」計畫，完成楊梅、楓香、青楓、山枇杷、青剛櫟、山肉桂和台灣赤楠等四千餘株苗木造林作業。
- 2.八十五年三月進行「七家灣溪果一區沿岸保護帶復舊造林」計畫，完成楓香、青楓、山枇杷和青剛櫟等共 190 株大型苗木造林作業。
- 3.八十七年三月進行「大甲溪上游武陵地區植樹造林工程」計畫，完成楓香、烏心石、山肉桂、青剛櫟和楊梅等共 360 株大小型苗木造林作業。
- 4.八十八年三月辦理「一棵樹 - 一條鮭種樹活動」，以七家灣溪段旱 32、33 地號土地栽植山肉桂、青剛櫟、烏心石與楓香等 500 餘株。

5.八十九年三月進行「永遠的國寶魚 - 櫻花鉤吻鮭」保育系列活動，於七家灣溪段旱 26、28 和 105 地號土地栽植台灣山櫻和楓樹等數千餘株。

研究源起與目的

本研究的目的乃是填補保育工作的缺口，防止國寶魚絕種，建立拯救瀕臨滅絕水產生物移地保育的方法。所謂移地保育 (*ex situ* preservation) 就是在自然原生地以外的地方進行物種的保育。物種保育整體的經營管理可劃分為就地(*in situ*)和遷地(*ex situ*)行動。前者著重在對自然族群和生態系統，加以立即的保護和復育，而後者朝向發展移地的基因保存能力，以便保護物種免於全然絕滅，並在被要求及可能的情況下，補充或復育自然族群。然而這兩個項目的目標，都是為了透過整體物種保育的模式，使之保有健康的族群和健全的群體社會。移地保育相較於就地保育，就好像是備分一樣；有時又是一種暫時性的替換手段，而顯得愈來愈重要。進行移地保育有五個主要理由：

- (1) 保存遺傳基因，防止瀕絕基因之消失--如同「諾亞方舟」或保險庫。
- (2) 維持並繁殖相當數量，供以後野外引種、再引回或增殖之材料。
- (3) 提供材料供研究、評估。
- (4) 提供材料供公共教育及展示。
- (5) 減低野外族群之利用壓力，有助於避免它們在野外消失。

目前台灣櫻花鉤吻鮭保育的方向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。有鑒於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。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「台灣櫻花鉤吻鮭種源庫」預作準備。

研究方法與過程

一、台灣櫻花鉤吻鮭完全養殖技術

本研究時間從 2001 年 10 月至 2004 年 12 月，每年皆從野外捕捉種魚開始人工復育工作和研究，利用五雄、五雌數量以人工授精復育幼苗方式（Earl, 1963），預定部分執行放流工作，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。

二、台灣櫻花鉤吻鮭基礎生物資料

（一）基礎生長資料

建立台灣櫻花鉤吻鮭養殖族群成長資料。每月記錄包括成長曲線、增長率、增重率等之記錄。本研究以量測 2001 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，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。

（二）基礎生殖生態資料

繁殖季節測量親魚體長、體重、卵數、卵徑及卵重，計算孵化率、受精率及育成率。孕卵數(fecundity)：依每隻母魚每年可排/擠出之卵粒數之孕卵數表示方式為年孕卵數(annual fecundity)；單次孕卵數(batch fecundity)即雌魚每次產卵排出體外之吸水卵(hydrated oocyte)數；及相對孕卵數(relative fecundity)：即將孕卵數除以雌魚體重，通常以單位體重之卵細數(no./g)表示。平均卵徑：只能對於擠出魚體外之卵粒作測量

（三）野生族群和養殖族群生殖的比較

研究結果

一、台灣櫻花鉤吻鮭人工復育成果

(一) 2003 年人工復育成果

2001 年 10 月中旬從七家灣溪中游捕獲五尾雌魚及五尾雄魚，體長範圍從 20.2 公分至 28.5 公分，體重從 175 克至 380 克，五尾雌魚共採得 1980 顆卵。本年度授精率 98.5%，孵化率 70.7%，至 2002 年 10 月一齡魚存活數共有 790 尾，育成率 40%，至 2003 年 2 月亞成魚存活數 714 尾，育成率 36.1%。2003 年 10 月 28 日，首度由二齡的台灣鮭魚養殖族群取的卵和精液，完成台灣櫻花鉤吻鮭完全養殖。

2003 年台灣鮭魚野外族群體重 103.8~219.1 克，全長 20.2~26.0 公分，孕卵數 111~548 個，平均受精率 95.5%，平均孵化率 60.5%，如表一。2003 年台灣鮭魚養殖族群體重 112.9~224.2 克，全長 21.2~26.2 公分，孕卵數 109~624 個，平均受精率 95.2%，平均孵化率 61.8%，如表二。

(二) 2004 年人工復育成果

2002 年復育工作亦從野外捕獲種魚開始，體長範圍從 21.9 公分至 31.3 公分，體重從 110 克至 276 克，五尾雌魚共採得 1998 顆卵。2002 年授精率 96.4%，孵化率 59.2%，孵化二個月後稚魚存活數 680 尾，孵化率 34%。培育至 2004 年同樣亦可由養殖族群取的卵和精液。

2004 年台灣鮭魚野外族群體重 80~182.5 克，全長 19.3~26.5 公分，孕卵數 121~224 個，受精率 50~99%，孵化率 0~1%。2004 年台灣鮭魚養殖族群體重 113~362 克，全長 22~27.4 公分，孕卵數 97~429 個，受精率 0~99.6%，孵化率 0~21.4%，如表三。

在 2004 年 7 月，台灣鮭魚養殖族群共有 0-1 齡魚三千尾，1-2 齡魚四百尾，2-3 齡魚五十尾。

二、台灣櫻花鉤吻鮭完全養殖技術

採補蓄養

1 時間

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，由這三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。

2 採補方法

採補種魚方法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中網受傷，採補前應先觀察好地形，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，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，如照片一。

3 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，如照片二。

4 催熟

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。亦可以完全不注射，靜待排卵。

採卵

1 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。式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)，精子由此進入與卵授精。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。

2 採卵

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，如照片三。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（如照片四、五），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。

3 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，第一次肛門壓出的精子不要用。

4 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 25mm，將卵分佈於上（照片六、七）。

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（照片八）和發眼期（照片九）。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（照片十）。

3 管理

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，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，死卵的揀除、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，否則如果一旦疏忽，則會在一夜之間孵化完全失敗。

仔稚魚管理

1 浮水期

大部分仔魚之卵黃囊（照片十一）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（照片十二）。

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。在仔魚箱網內細心給餌，將人工微粒飼料溶於水中，由進水口少量的滴灑給餌，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（照片十三）。

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 時，投餵量為 2~2.5%，水溫 13 時，投餵量為 2.5~3%。當仔鮭成長至三個月大幼鮭（照片十四），攝食趨於正常，一天只需投餵二餐。

一齡魚管理

1 管理

定質：對飼料的質量要求精和鮮。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。

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、水溫變化和復部鼓脹情形而定。

定時：一齡鮭魚（照片十五）每日投餵二餐，早上九點開始第一餐，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，再將養殖池表面刷洗乾淨，大量換水，避免滋生病源菌。

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。

2 注意事項

大小分養：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，一齡後必須分為四等級（照片十六）。

雌雄分開：將台灣鮭魚培育至二齡時，將有部分鮭魚逐漸成熟，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，避免競爭造成傷害。

養殖池類型：一般可分為傳統水泥磚砌及玻璃纖維桶(或 PP 材質)，養殖方式大同小異（照片十七）。但必須注意養殖池的底色不宜透光或太鮮豔避免環境緊迫造成影響。另外台灣鮭魚跳躍能力很強（如照片十九），必須有防止鮭魚跳出養殖池以外的設計。

養殖族群營養需求：台灣鮭魚養殖族群以能夠順利攝食人工飼料（如照片二十），但如何能夠提高飼料質量為未來必須研究的。

日常管理：每日定時清潔環境和池底，避免病菌滋生（如照片二十）。

建構台灣鮭魚身分：目前以軟式字元數碼標示法最為適宜，植入的部位為眼

臉透明組織（如照片二十一）。

三、台灣櫻花鉤吻鮭基礎生物學資料

（一）台灣櫻花鉤吻鮭平均年齡

由養殖族群在二齡時大多數都會死亡，推論其平均年齡為二齡。

（二）台灣櫻花鉤吻鮭極限年齡

利用 2002 年 7 月至 2003 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_8 （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_8 與 K 代入成長表現公式中， ϕ' （成長表現指數）為 3.066，可得極限年齡為 2.72 年（如圖三）。

（三）雄魚生長速率大於雌魚

由台灣鮭魚養殖族群在繁殖季節確立雌雄後，可以得知雄魚生長速率大於雌魚（如圖四）。

（四）雌種魚與卵數、卵徑及卵重的關係

卵數、卵徑和卵重與種魚體重成正相關，以 2003 野外族群年為例，種魚體重超過 200 公克者，孕卵數會在 400 顆以上。以 2003 年養殖族群為例，種魚體重達到 230 公克者，未吸水前卵徑最大 5.44mm（參考表四、五、六、七）。

（五）野外鮭魚族群雌雄比

2004 年野外鮭魚族群雌雄比為 1：1.26。

四、颱風對台灣櫻花鉤吻鮭生殖生態的影響

2004 年 7 月 2 日敏督利颱風及 8 月 24 日艾莉颱風重創七家灣溪台灣鮭魚棲息地，亦使得 2004 年台灣鮭魚不論是野生族群或養殖族群的受精率和孵化率明顯比 2003 年的生殖率下降。平均孕卵數降至 300 顆以下，野生鮭魚肥滿度亦從 11 降至 10 以下，平均卵徑降至 5mm 以下，受精率降至 10% 以下。（參考圖五、六、七、八）。

研究發現與建議

為避免台灣櫻花鉤吻鮭滅絕，應儘速拓展台灣櫻花鉤吻鮭目前生存空間以外之棲息地，經由環境隔離和時間演化，以恢復台灣櫻花鉤吻鮭基因之多型性。具體做法乃是每年將台灣鮭魚養殖族群或七家灣溪之野生族群放流至歷史曾經存在的大甲溪上游流域，包括司界蘭溪、南湖溪、合歡溪、耳無溪和畢祿溪。一方面拓展台灣鮭魚生存空間，減少滅絕壓力，一方面，期待經由環境的不同，使得部分鮭魚經長時間演化後具備遺傳的固有性，使得具備固有遺傳性狀之上、中、下游鮭魚能有機會交流，達到遺傳多樣性的目標。

參考文獻

王昱人(1997)台灣櫻花鉤吻鮭與日本櫻花鉤吻鮭遺傳多樣性之研究，國立清華大學生命科學所碩士論文，65 頁。

台灣櫻花鉤吻鮭保育研究國際研討會論文集(2000)。行政院農委會特有生物中心，內政部雪霸國家公園管理處主辦，，312 頁。

朱淑玲(1999)西太平洋大目鮪之生殖生物學研究，國立台灣大學海洋研究所碩士論文，67 頁。

余廷基(1995)淡水魚類種原之保存，建立水產生物種原庫研討會論文集，中央研究院動物所及台灣省水產試驗所編印，行政院農業委會漁業處輔助，第 25-45。

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。

吳仲慶(1996)水產生物遺傳育種學，水產出版社，第 110-172 頁。

吳金洌、陳章波編 (1992)台灣動物資源資料庫建立研討會論文集。1992.6.台北，國科會生推中心及中研院動物所。

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，行政院農委會特有生物中心，內政部雪霸國家公園管理處主辦，第 31~46 頁

林曜松(1990)淡水魚資源的保育與利用，台灣省農林？林務局保育研究與國立台灣大學合作。第 1-13 頁。

林曜松、曹先紹、張崑雄(1989)櫻花鉤吻鮭之生殖生態與行為研究，農委會 78 年生態研究第 008 號，18 頁。

林曜松、曹先紹、張崑雄(1989)櫻花鉤吻鮭的生態與保育，國立台灣大學系生態研究室，12 頁。

林曜松、梁世雄(1990)鮭鱒魚生態，台灣省農林？林務局保育研究與國立台灣大學合作。第 33-52 頁。

國家公園保育成果與經營管理研討會論文集(2003)，內政部營建署主辦，陽明山

國家公園管理處協辦，186 頁。

細谷和海 (1997) 生物多樣性? 考慮?? 淡水魚的保護。長田芳和、細谷河海編，綠書房、東京、日本，第 315-329 頁。

郭金泉(2000)台灣陸封型鮭魚(*Oncorhynchus masou formosanus*; 真骨魚類、鮭目、鮭科)精子親緣與凍結保存之應用：資源保育之芻議，發表於台灣櫻花鉤吻鮭保育研究國際研討會論文集。行政院農委會特有生物中心，內政部雪霸國家公園管理處主辦，2000。第 47-77 頁。

郭金泉、郭孟杰(2002)台灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)種內多樣性之研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處九十一年度研究報告，35 頁。

陳朝欽、郭慶老、莫顯蕎、邵廣昌、丘臺生(1995)水產生物種原庫及其利用技術赴日考察報告，建立水產生物種原庫研討會論文集，中央研究院動物所及台灣省水產試驗所編印，行政院農業委會漁業處輔助，第 53-67 頁。

曾建中(2002)西太平洋黑皮旗魚生殖生物學研究，國立台灣大學海洋研究所碩士論文，86 頁。

黃沂訓 (2002) 櫻花鉤吻鮭晶片植入技術之研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處九十一年度研究報告。

楊正雄(1997)水溫對櫻花鉤吻鮭的影響，國立清華大學生命科學所碩士論文。

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。

廖林彥(2003)台灣櫻花鉤吻鮭人工復育，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。

熊文俊(1999)台灣馬口魚(*Zacco barbata*)繁養殖及環境生物學研究，國立台灣大學動物學研究所博士論文，104 頁。

趙乃賢、梁溫欣、蔡惠萍、廖一久(1994)魚類精液低溫與冷凍保存研究之現況與展望。生物技術在水產養殖上應用研討會論文集，第 94-117 頁。

Azuma, T., Noda, S., Yada, T., Ototake, M., Nagoya, H. Moriyama, S., Yamada, H.,

- Nakanishi, Y. and Iwata, M. (2002) Profiles in growth, smoltification, immune function and swimming performance of 1-year-old masu salmon *Oncorhynchus masou masou* reared in water flow. *Fisheries Science* 2002 ; 68 : 1282-1294.
- Earl, L. (1963) Trout and salmon culture. *Fish Bulletin*,
- Erzini, K. (1990) Sample size and grouping of data for length-frequency analysis. *Fisheries Research* 9, 355-366.
- Gwo, J.-C., Lin, X.-W., Gwo, H.-H., Wu.-H.-C. and P.W. Lin.(1996) The ultrastructure of Formosan landlocked salmon, (*Oncorhynchus masou formosanus*), spermatozoon (Teleostei, Salmoniformes, Salmonidae). *J. Submicrosc. Cytol. Pathol.*, 18 : 33-40.
- Gwo, J.-C. and H.-C. Wu.(1998) Conservation of landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) in Taiwan. American Fisheries Society 128th annual meeting. Aug. 23-27, 1998 at Hartford, CN. USA.
- Kapuscinski, A.R. and Jacobson, L.D. (1987) Genetic guidelines for fisheries management. Pp.64. Minnesota Sea Grant, University of Minnesota, St. Paul. MN.
- 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.
- Myers, J. (1993). Androgenesis programme working to recover fish stocks from frozen gene bank. *Aquacult. News*, 16 : 4-5.
- 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., and Roberts, S.D.(1999) Clove oil: An alternative anaesthetic for aquaculture. *North American Journal of Aquaculture* 61, 150-155.
- Rall, W.F. (1993) Advances in the conservation of embryos and prospects for application to the conservation of salmonid fishes. In : *Genetic conservation of salmonid fishes*, Cloud, J.C. and G.H. Thorgaard (eds.), Pp.137-155, Plenum Press, New York.
- Ryman, N. and Utter, F.M. (1987)(eds.) *Population genetics and fishery management*. University of Washington Press, Seattle, WA, 420pp.
- Yamamoto, T., and Reinhardt, U. G. (2003) Dominance and predator avoidance in domesticated and wild masu salmon *Oncorhynchus masou*. *Fisheries science* 2003 ; 69 : 88-94.

表一、2003年台灣鮭魚野外族群人工復育成果

體重 (g)	全長 (公分)	孕卵數 (個)	授精率 %	孵化率 %
197.1	24.5	401	100	49.9
144.4	23.0	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	26.0	435	100	42.8
195	24.6	326	100	89.3
169.9	23.4	397	100	13.6
169.3	24.0	374	100	22.7
156.4	24.2	244	100	98.4
141.8	23.0	247	100	93.5
131.8	22.6	111	22.5	0
103.8	20.2	200	100	93
204.3	26.0	548	100	97.8
126.2	21.0	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
			95.9	60.5

附註：粗線數字為平均值

表二、2003年台灣鮭魚養殖族群人工復育成果

體重 (g)	全長 (公分)	卵數 (個)	授精率 (%)	孵化率 (%)
143.2	24.2	278	23.7	11.9
160.2	22.2	287	98.9	29.6
197.9	25.0	474	100	96.6
220.4	26.4	453	100	82.6
193.6	26.0	460	100	78.3
147.5	23.4	255	100	7.8
140.7	26.0	109	100	86.2
146.6	24.0	367	97.8	71.7
176.5	25.0	402	94.5	40.5
112.9	21.2	175	93.7	26.9
176.3	24.2	325	99	56.0
213.5	27.0	437	99.8	33.6
201.9	26.2	624	100	90.4
220.3	26.4	479	99.8	14.0
234.2	26.2	348	100	88.8
163.5	24.0	424	98.8	93.6
150.6	24.0	329	99.1	84.2
199.2	26.0	387	99.7	75.7
201.3	26.0	377	98.9	79.3
170.1	25.0	332	100	88.9
			95.2	61.8

附註：一、養殖族群為二齡種魚

二、粗線數字為平均值

表三、2004 年台灣鮭魚人工復育成果

全長 (公分)	魚體 (g)	卵數 (個)	受精率 (%)	孵化率 (%)	親魚來源 (雌 × 雄)
25	362	339	98.8	19.3	
25	201	200	0	0	
23	134	418	97.1	21.4	
23	138	212	99.5	16.3	
25	138	267	25.5	4.7	
23.5	144	189	93.1	0	
25.5	186	97	95.0	0	養殖 × 野外
23.5	127	150	95.3	5.4	養殖 × 野外
26	217.5	320	99.1	8.5	養殖 × 野外
25	177.5	329	99.7	18.5	養殖 × 養殖
24	156.5	286	99.7	10.7	養殖 × 養殖
24.5	175.5	371	99.7	12.6	養殖 × 野外
24	195	273	52.7	0	養殖 × 野外
25	201	263	92.0	0	養殖 × 野外
22	113	256	97.7	13.8	養殖 × 野外
27.4	233.5	429	49.2	0	養殖 × 養殖
25	183	212	99.1	6.1	養殖 × 野外
22.5	116.5	240	99.6	5.0	養殖 × 野外
26.5	144	208	99.0	1	野外 × 野外
27	182.5	224	58.4	1	野外 × 野外
19.3	80	162	99.1	5	野外 × 野外
26	157	121	50.0	0	野外 × 野外
27	181.5	142	97.9	0	野外 × 野外

表四、2003年台灣鮭魚野外族群生殖基本資料

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		
			5.39±0.16	0.094±0.016	5.29±0.16	0.091±0.012

附註：粗線數字為平均值

表五、2003年台灣鮭魚養殖族群生殖基本資料

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
			5.25±0.17	0.100±0.016	5.46±0.13	0.111±0.022

附註：一、粗線數字為平均值

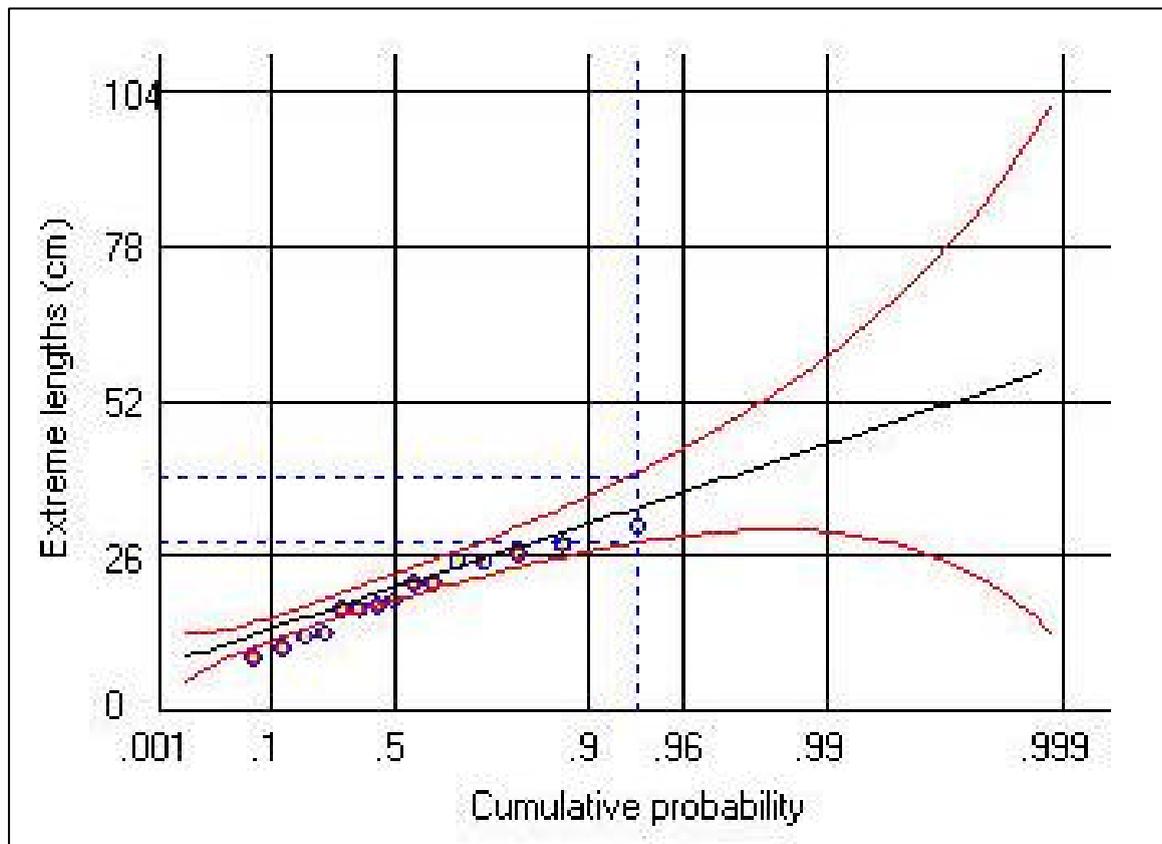
二、二齡養殖族群

表六、2004年台灣鮭魚養殖族群生殖基本資料

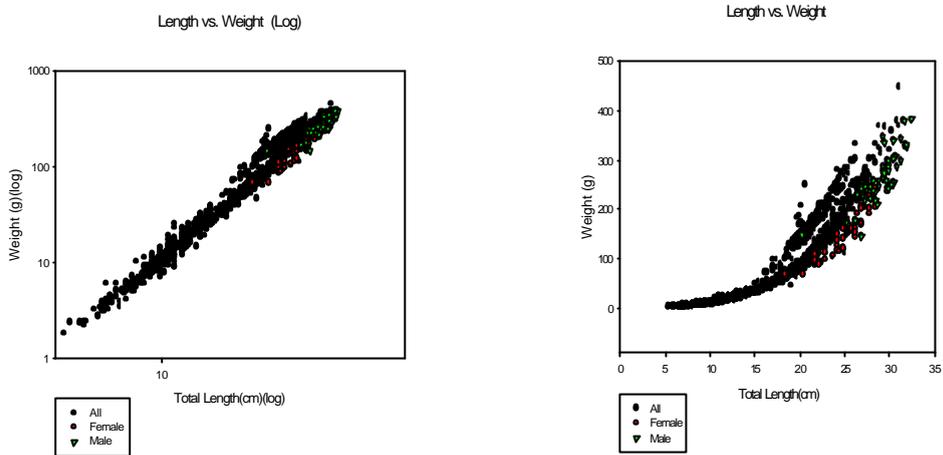
全長 (公分)	重量 (公克)	卵數 (個)	受精前		受精後(28天)	
			卵徑(mm)	卵重(g)	卵徑(mm)	卵重(g)
25	362	339			5.0±0.7	0.070
25	201	200				
23	134	418			5.0±0.25	0.067
23	138	212			5.0±0.17	0.066
25	138	267			5.5±0.28	0.1
23.5	144	189				
25.5	186	97	4.8±0.22	0.069	5.5±0.22	0.078
23.5	127	150	4.7±0.24	0.058	5.1±0.13	0.072
26	217.5	320	5.0±0.49	0.069	5.3±0.23	0.078
25	177.5	329	4.8±0.28	0.057	5.2±0.13	0.067
24	156.5	286	4.5±0.33	0.058	5.0±0.70	0.069
24.5	175.5	371	4.5±0.27	0.057	5.1±0.11	0.068
24	195	273	4.9±0.37	0.064		
25	201	263	4.6±0.16	0.059		
22	113	256	4.5±0.15	0.061	5.2±0.19	0.074
27.4	233.5	429	4.5±0.33	0.076		
25	183	212	4.8±0.17	0.070		
22.5	116.5	240	4.5±0.21	0.053	5.1±0.18	0.068

表七、2004年台灣鮭魚野外族群生殖基本資料

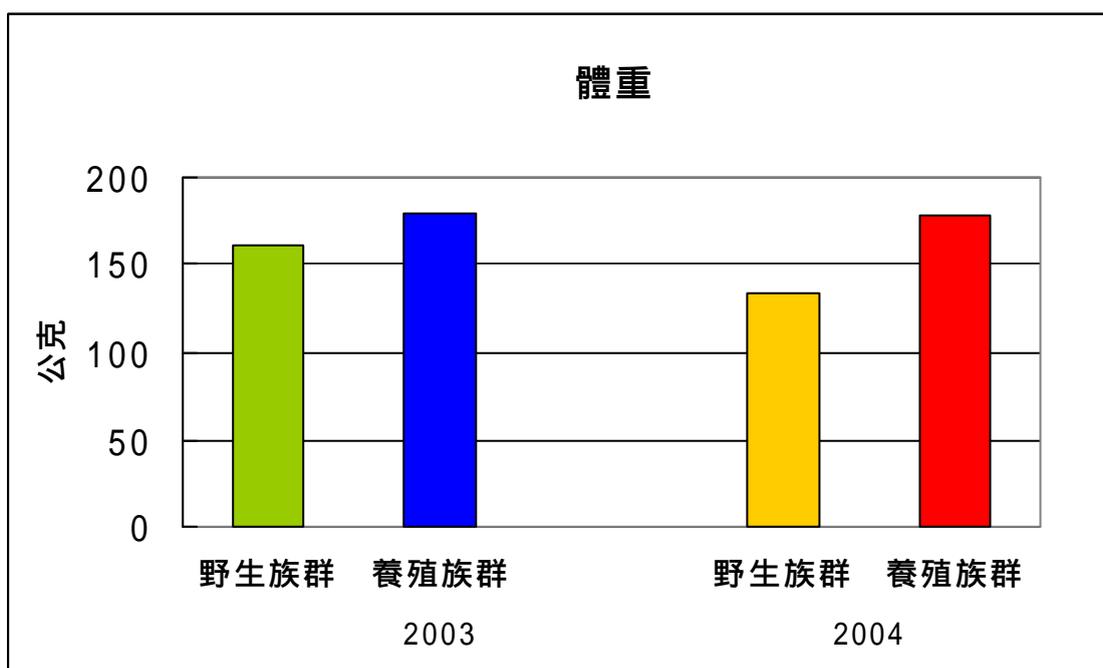
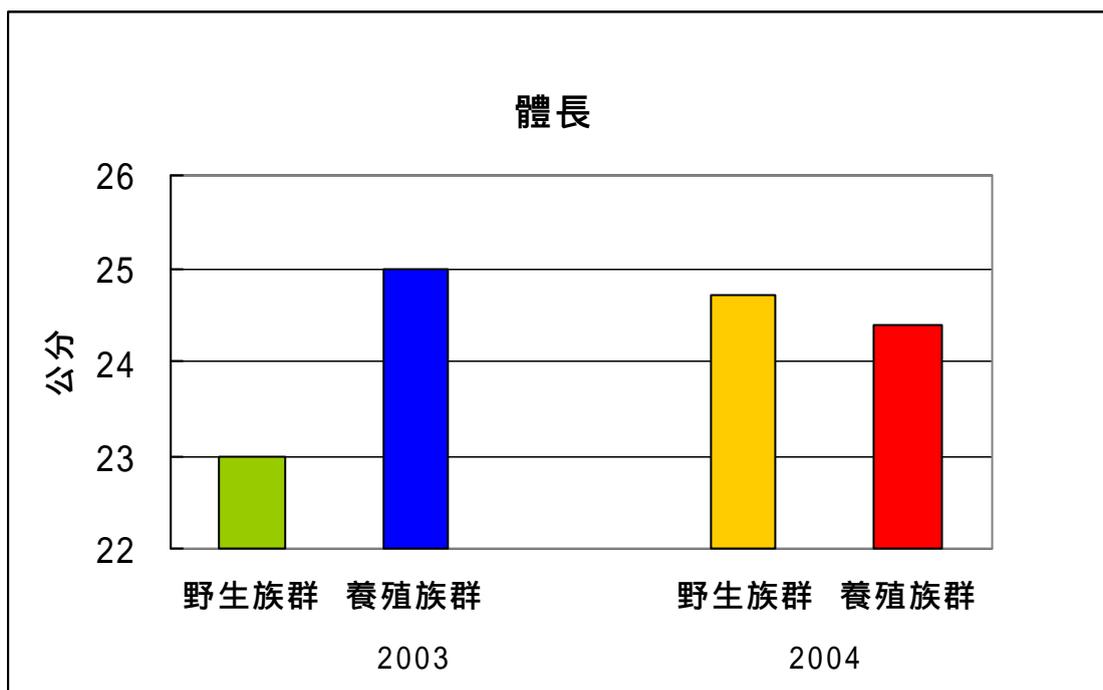
全長 (公分)	重量 (公克)	卵數 (個)	受精前		受精後(28天)	
			卵徑(mm)	卵重(g)	卵徑(mm)	卵重(g)
26.5	144	208			5.41±0.07	0.092
27	182.5	224			5.40±0.80	0.094
19.3	80	162			5.10±0.31	0.086
26	157	121			5.30±0.17	0.083
27	181.5	142	4.7±0.30	0.068		



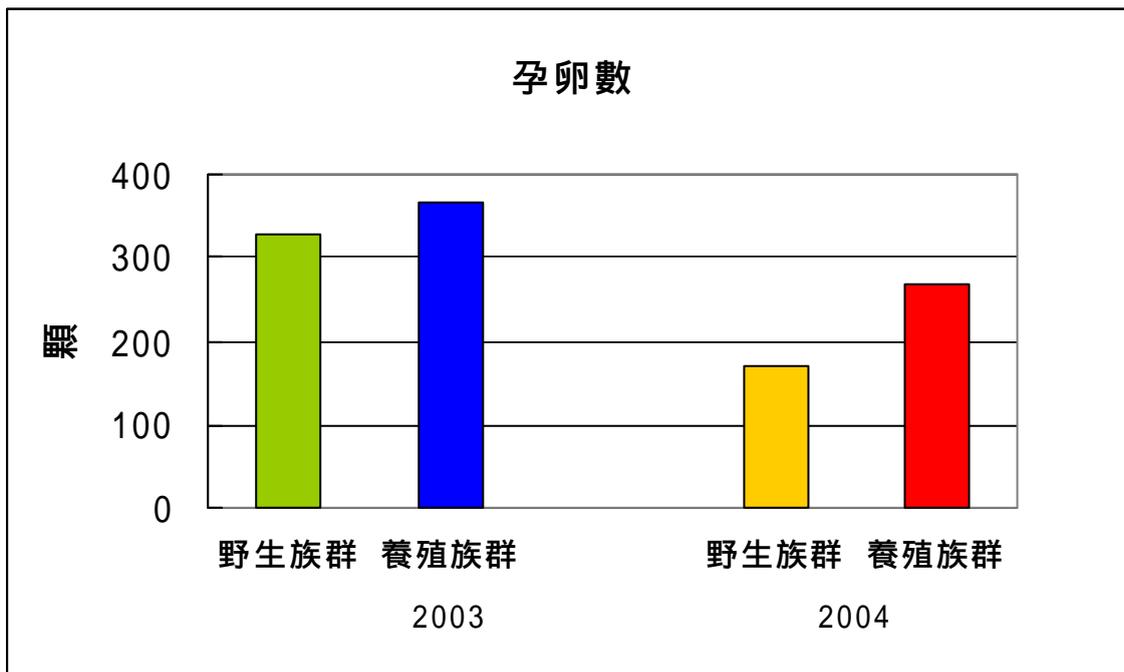
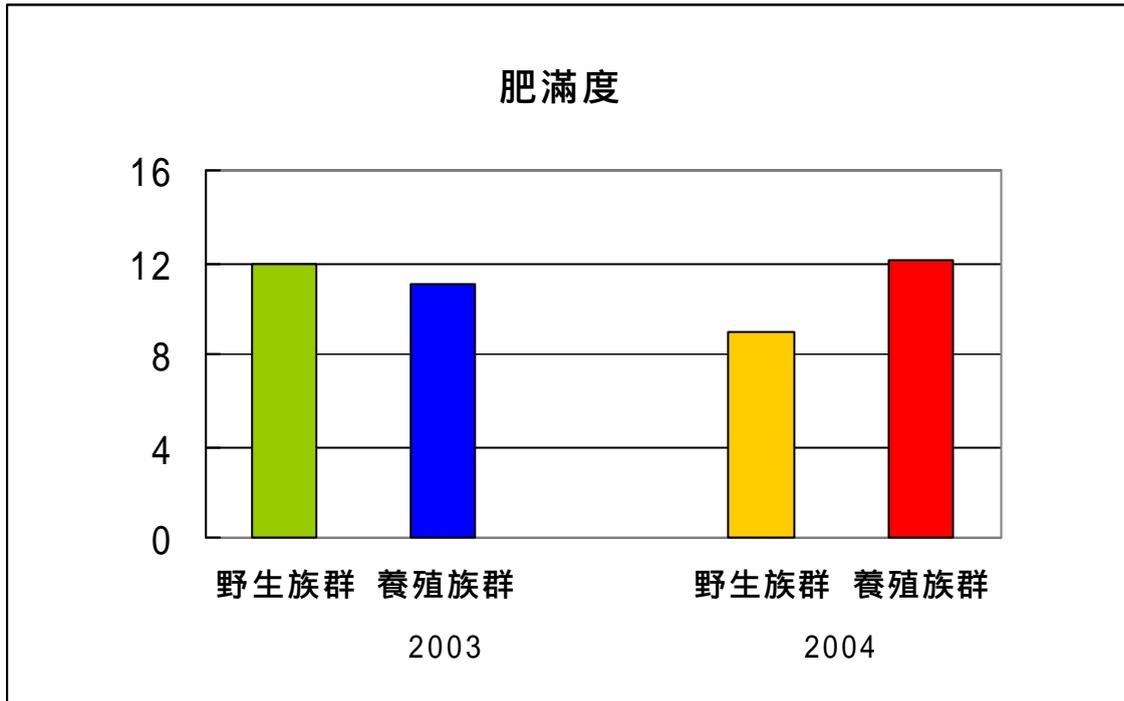
圖一、由 Von Bertalanffy 經驗公式推算台灣鮭魚極限年齡和體長



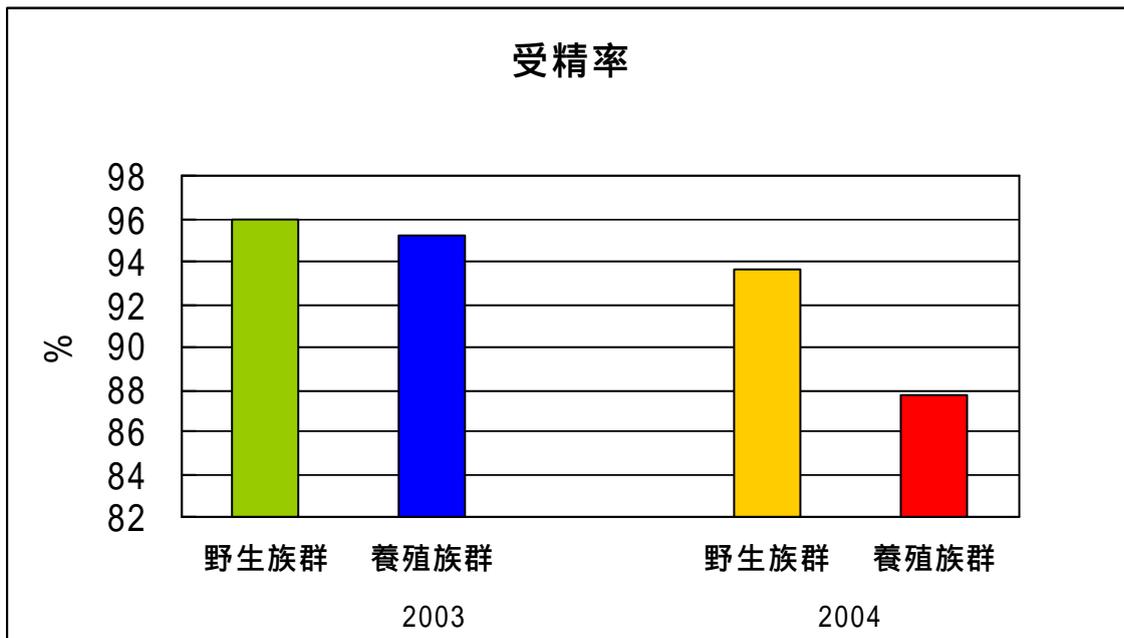
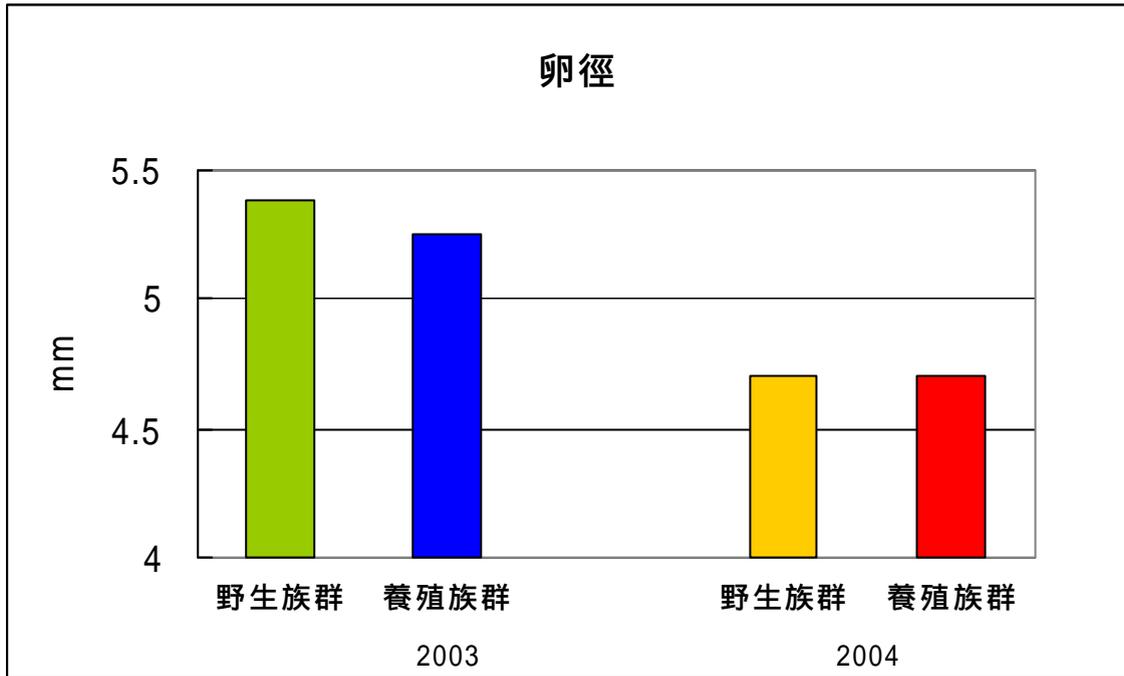
圖二、二齡之台灣鮭魚雌雄種魚成長速率比較圖



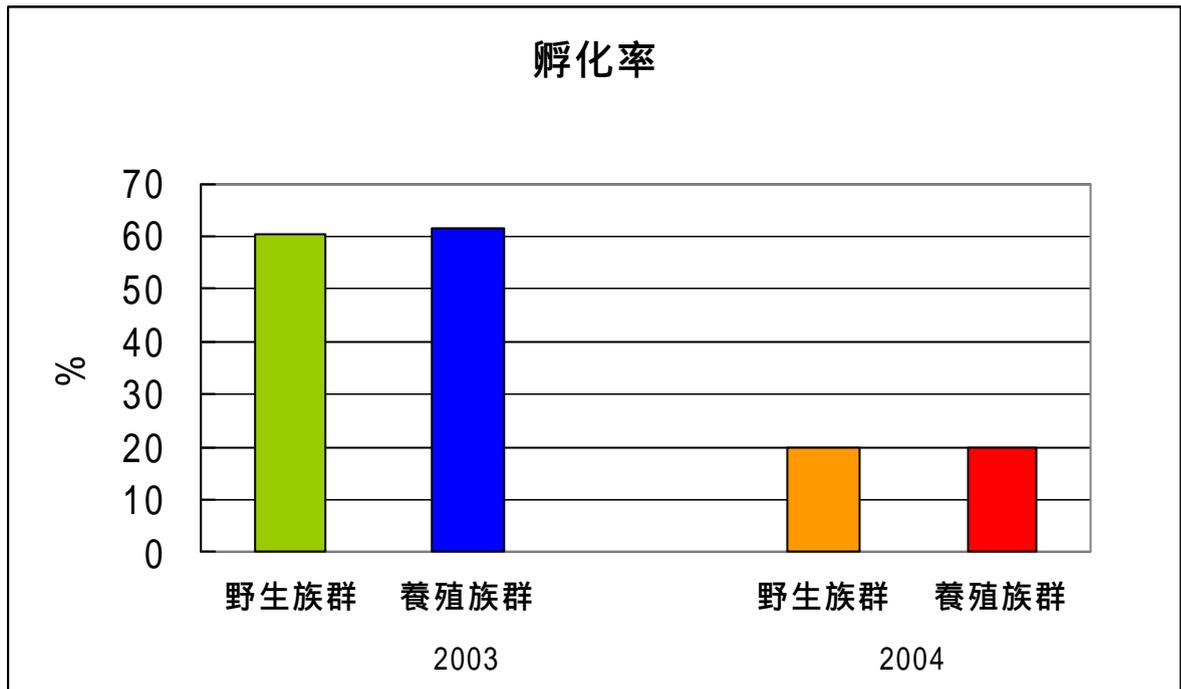
圖三、2003 年及 2004 年台灣鮭魚野生族群和養殖族群種魚體長和體重比較圖



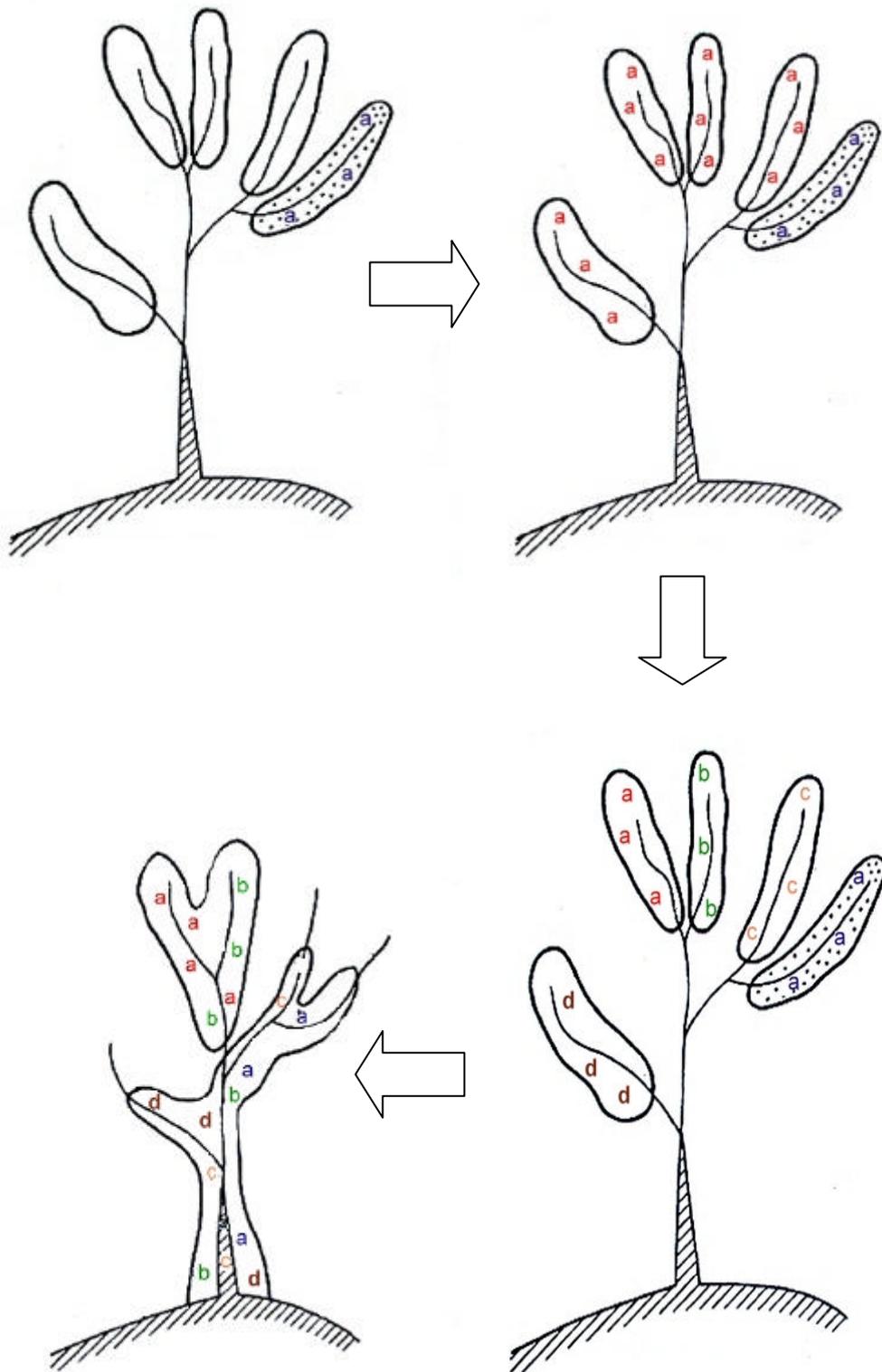
圖四、2003 年及 2004 年台灣鮭魚野生族群和養殖族群種魚肥滿度和孕卵數比較圖



圖五、2003 年及 2004 年台灣鮭魚野生族群和養殖族群卵徑和受精率比較圖



圖六、2003 年及 2004 年台灣鮭魚野生族群和養殖族群孵化率比較圖



圖七、以環境隔離和時間演化拓展台灣鮭魚分佈和增加基因多樣性之過程圖



照片一、以投網法採補野外種魚



照片二、種魚選別



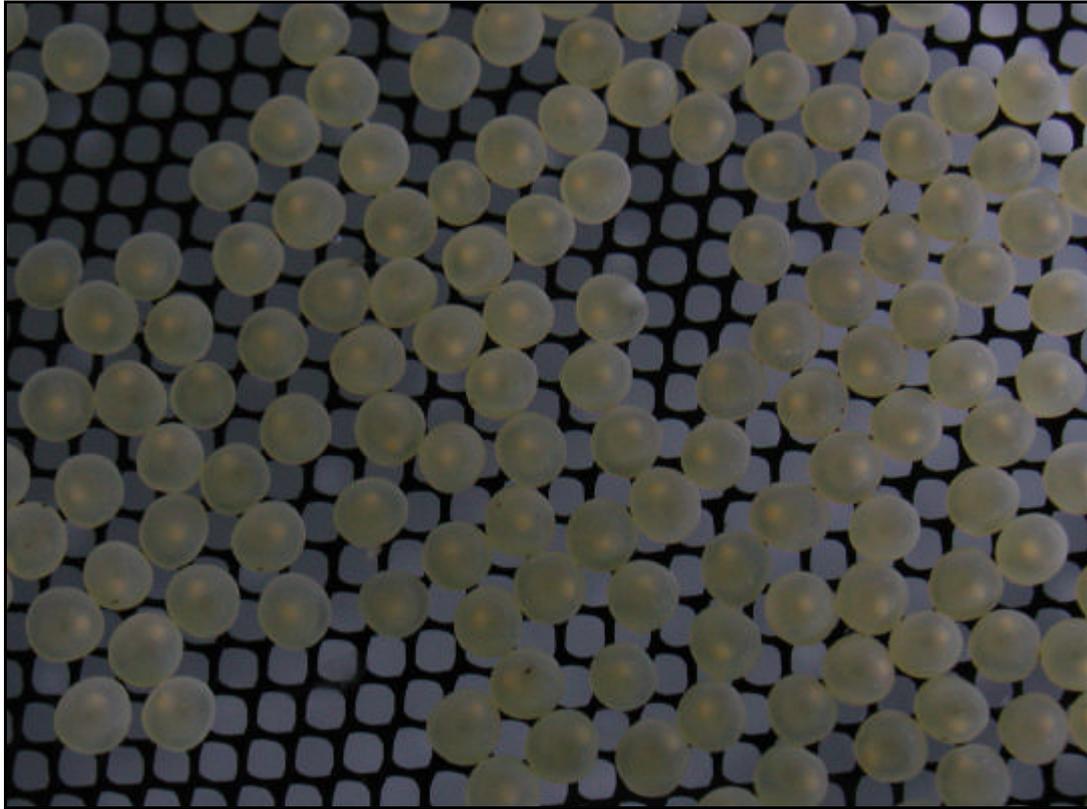
照片三、採卵



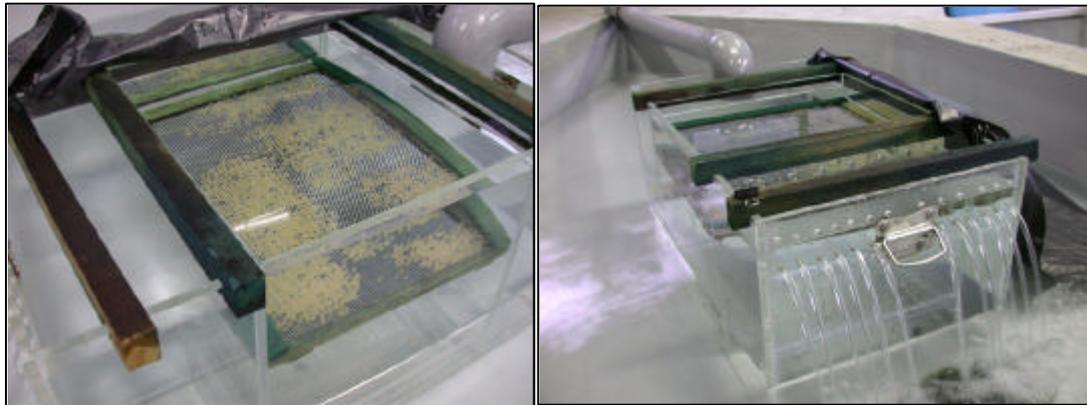
照片四、人工受精



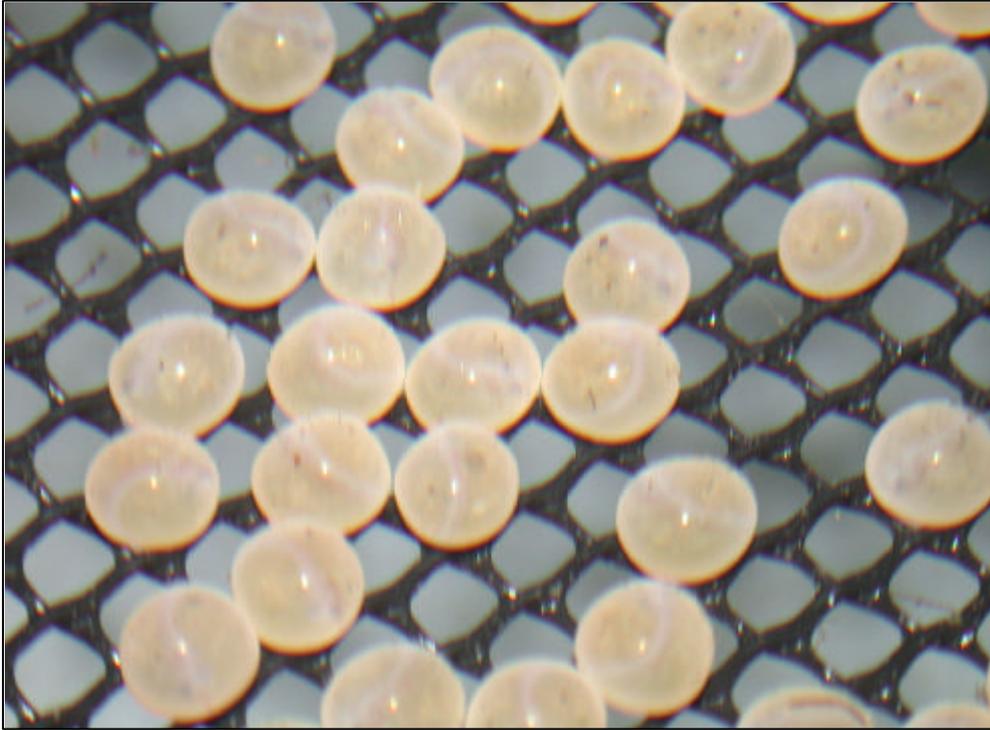
照片五、乾導法



照片六、受精卵（受精後第一天）



照片七、孵化箱（分為進水部份、孵化部分和溢流部分）



照片八、已出現體節之受精卵



照片九、即將孵化的發眼卵



照片十、剛孵化帶有卵黃囊的仔魚



照片十一、卵黃囊仔魚有聚集性



照片十二、進入浮水期準備開口攝食的仔魚



照片十三、成功馴餌後的仔魚



照片十四、三個月大的幼魚



照片十五、一齡魚



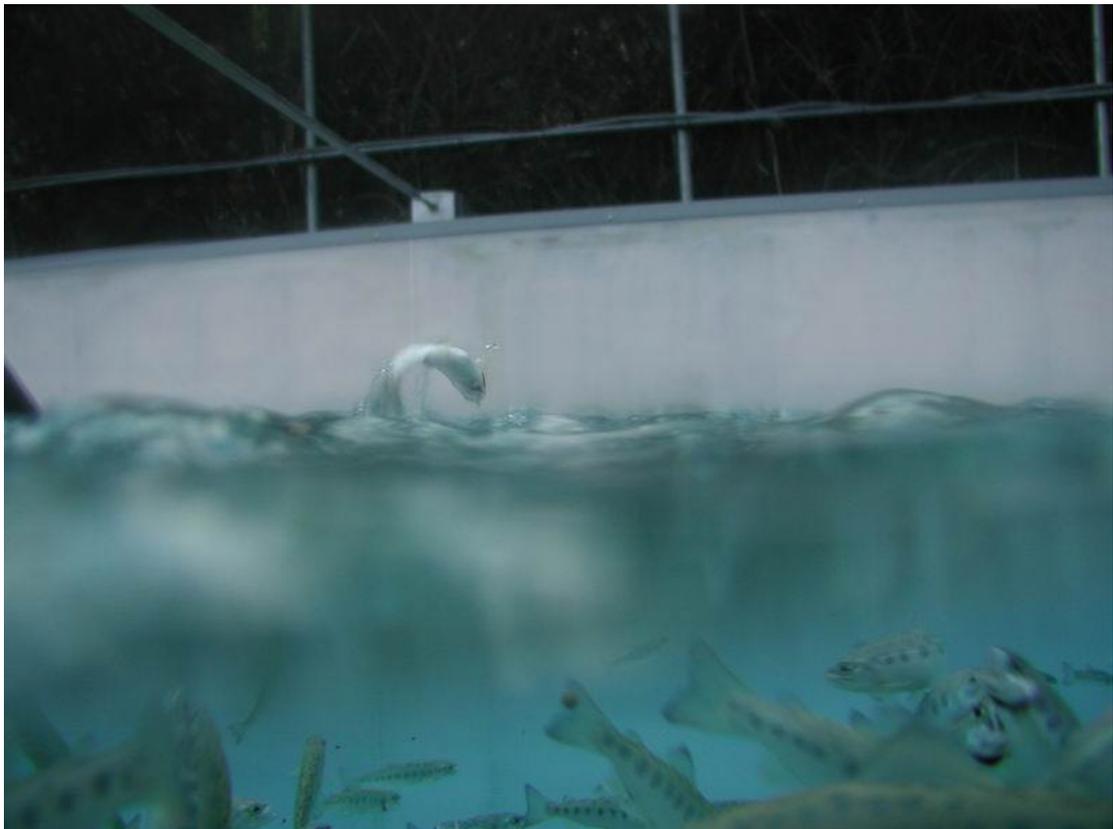
照片十六、大小鮭魚分養的情形



照片十七、養殖在不同環境的一齡鮭魚（上，水泥池）（下，PP池）



照片十八、 養殖鮭魚在水中攝食飼料的情形（上，三個月仔魚）（下，一齡魚）



照片十九、 養殖鮭魚躍起搶食情形



照片二十、養殖池的日常管理



照片二十一、建構台灣鮭魚身分植入軟式字元數碼



照片二十二、首度在養殖環境培育成功的二齡種魚

