

# 台灣櫻花鉤吻鮭年齡鑑定

雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國 94 年 12 月

# 台灣櫻花鉤吻鮭年齡鑑定

受委託者：國立台灣海洋大學

研究主持人：黃沂訓

研 究 員：陳恬如、藍智鴻、楊高吉、陳弘毅、  
楊宜勳、吳彥德

雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國 94 年 12 月

目次

表次	I
圖次	II
摘要	III
英文摘要	IV
前言	1
材料與方法	4
結果與討論	9
參考文獻	17

表次

表 1

Von Bertalanffy 成長方程式推估年齡(Age)與體長(TL) . . . . . 25

表 2

耳石輪紋與實際年齡比較表 . . . . . 26

表 3

耳石長與輪紋的關係 . . . . . 27

表 4

耳石重與輪紋的關係 . . . . . 28

## 圖次

圖 1 魚體外觀形質的觀察、測量與紀錄	29
圖 2 使用 3 號鑷將頭腔內的腦、薄膜和組織	29
圖 3 取出耳石扁平石 (sagitta)	30
圖 4 台灣櫻花鉤吻鮭 ( <i>Oncorhynchus masou formosanus</i> ) 小囊 (耳石袋 sacculus)	30
圖 5 台灣櫻花鉤吻鮭 ( <i>Oncorhynchus masou formosanus</i> ) 耳石(扁平石)	31
圖 6 各耳石存在之位置之一 (David H. Secor et al., 2002)	32
圖 7 各耳石存在之位置之二 (David H. Secor et al., 2002)	33
圖 8 台灣櫻花鉤吻鮭 ( <i>Oncorhynchus masou formosanus</i> ) 耳石所呈現的不透明輪 (opaque ring) 以及半透明輪 (translucent ring)	34
圖 9 台灣櫻花鉤吻鮭耳石輪紋之判定	35
圖 10 總體長與標準體長線性回歸圖	36
圖 11 耳石長與體長分佈圖	36
圖 12 耳石重與體長分佈圖	37
圖 13 耳石長與體重分佈圖	37
圖 14 耳石重與體重分佈圖	38
圖 15 輪紋數與體長直線回歸圖	38
圖 16 輪紋數與體重直線回歸圖	39
圖 17 體重與體長之關係方程式圖	39
圖 18 年齡與體長之關係圖	40
圖 19 耳石輪紋與標識所得之年齡分佈圖	40
圖 20 耳石重對輪紋分佈圖	41
圖 21 耳石長對輪紋分佈圖	41
圖 22 耳石間距長與月齡之關係	42



## 摘要

關鍵詞：台灣櫻花鉤吻鮭、耳石、年齡、成長

### 一、研究緣起

台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 為目前全世界勝存在亞熱帶的兩種鮭魚之一。由於族群稀少，所以取樣進行學術探討的困難也因此增加。例如：魚類年齡的判讀為各種研究的基本，但在本研究之前卻無任何確定台灣櫻花鉤吻鮭年齡判定的文獻，因此台灣櫻花鉤吻鮭年齡的鑑定顯然很重要。

### 二、研究方法及過程

本實驗所使用的標本是採自雪霸國家公園復育中心的台灣櫻花鉤吻鮭人工繁殖族群已死亡的標本，體長範圍自 4.7 ~ 33.5 cm，已知年齡為 6~30 個月，共計 155 尾。以二刀法取出頭腔中的扁平石，再利用包埋劑包 (Fast Cure Epoxy Resin) 混合攪拌調劑好之後，倒入包埋模具中，用慢速切割機切開包埋的耳石，研磨機及砂紙研磨標本使明暗帶更加清楚，再利用解剖顯微鏡觀察明暗帶，並測量耳石明暗帶間的距離。

### 三、重要發現

本實驗以扁平石的橫切面作為年齡形質紀錄的主要依據，與實際年齡做比較。耳石的輪紋以半透明帶形成時為輪紋判讀的標準，得到耳石輪紋數與實際年齡之關係方程式

為： $OR = -1.208 + 0.1584 \cdot AG$ ， $R^2 = 0.8456$ ；耳石重與耳石輪紋長關係方程式為： $OW = 1.158 + 0.6152 \cdot OR$ ， $R^2 = 0.6637$ ；耳石長與耳石輪紋數關係方程式： $OL = 2.297 + 0.3867 \cdot OR$ ， $R^2 = 0.5595$ 。並將年齡資料配合體長與體重的資料，依 von Bertalanffy 公式，並將得到極限體長為 52.17cm，若台灣櫻花鉤吻鮭極限年齡為四歲，則極限體長約為 40cm。測量明暗帶間距離與年齡關係式： $AG = 0.0229 \cdot OML + 2.2$ ， $R^2 = 0.0115$ ，無明顯的趨勢性，推測無法由耳石間的輪紋距離來判別詳細的年齡。

#### 四、 主要建議事項

2004 年 7、8 月所發生的敏督利颱風及艾莉颱風使得溪水暴漲，將舊有的復育池毀壞，造成 2001、2002 和 2003 三個年級群嚴重損失外，也使得僅有的復育池標本全部流失，使我們無法在養殖池中來得知它的最大年齡及取得標本。本次實驗中樣本數太少，可能是我們無法由耳石間輪紋距離來判斷詳細年齡的原因，往後在復育池自然死亡的魚體，可持續進行耳石標本製作，更多數據進行分析，希望可以更明確判斷出魚體的年齡。

## ABSTRACT

The Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) is one of the last two kinds of salmon that live in the subtropical zone. This is currently an endangered species in Taiwan. The natural population estimated have never exceeded a number of 5000 in the overall upstream habitats of Da-Cha River after 1990s. Sampling for age determination thus became a tough work without the support by artificially propagated population from the She-Pa Reserved Hatchery Station.

However, documentation about the age of this species was limited, at most with estimation from length data. Only those dead fish specimen removed from culture pond of She-Pa Hatchery Station were available for age determination.

A total of 155 fish were sampled with total body lengths ranging from 4.7~33.5cm and with the known age ranging from 6~30cm months old. The biggest otolith ring (OR) and real age (AG) was :  $OR = -1.208 + 0.1584 \cdot AG$ ,  $R^2 = 0.8456$ ; whereas the relation between the otolith weigh (OW) and OR was :  $OW = 1.158 + 0.6152 \cdot OR$ ,  $R^2 = 0.6637$ ; and that between the otolith length (OL) and OR was :  $OL = 2.297 + 0.3861 \cdot OR$ ,  $R^2 = 0.5595$ . The maximum length calculated from von Bertalanffy growth curve was 52.17cm. If the maximum age of this species were five years then the maximum length calculated would be around 44cm.

Key word : *Oncorhynchus masou formosanus* 、 otolith 、 age 、 growth



## 前言

台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 為冰河時期遺留之陸封型族群，棲息於大甲河流域上游的七家灣溪，為公告珍貴稀有動物之一。近年來雖有許多計畫進行復育，可惜接踵而來水文災害造成無法順利執行，台灣櫻花鉤吻鮭的數目反而有日漸減少趨勢。以 1997 年為例尚有一千多尾，而到了 2001 年連五百尾還不到 (曾和楊，2002)。族群稀少造成許多研究因為樣本不夠而不易進行，例如年齡的鑑定。

年齡鑑定 (age assessment) 被認為是研究魚類生物學和生態學特性的基礎，也是分析和評價魚類種群數量變動趨勢的基本依據 (殷，1998)。通常來說年齡的鑑定方法有以下三種：(1) 利用標示放流，(2) 採樣後繪製體長頻度分佈圖，(3) 透過計算魚體身上硬組織所形成的成長記號，來判斷魚類的年齡，一般稱之為年齡形質法 (age character) (林和郭，2003)。前兩種方法因為水文災害的頻繁，或是因為國家法律而無法進行櫻花鉤吻鮭的採樣。所以利用年齡形質法來判斷其年齡，對於了解台灣櫻花鉤吻鮭等各種基本生物學有相當大的幫助。

台灣櫻花鉤吻鮭的年齡鑑定，最大的年齡與極限體型，至今仍是個難題。本實驗由耳石進行對於魚類年齡的判定，主要是依據魚類在生長時，所在耳石上留下的紋輪來做判定的。有關台灣櫻花鉤吻鮭年齡與成長的研究，我們將以年齡形質做為年齡查定的方法，主要利用的年齡形質為耳石。耳石形質方面來說，魚類年齡鑑定可信度遠高於其他形質，因為耳石位於魚的頭蓋骨內部，不會受到外界損傷，故判定上較正確。

最近有關台灣櫻花鉤吻鮭的養殖資料紀錄中得之，在二齡時容易大量死亡，推斷是因為繁殖期打鬥或產卵導致的大量死亡，但由於仍有5%的魚群存活，我們對於台灣櫻花鉤吻鮭的最大年齡，至今仍是個謎。但有了耳石及年齡之間精準的對照數據後，我們可自捕獲(或自溪邊拾獲)的魚中，得知台灣櫻花鉤吻鮭可以活多久，進而解開這個年齡之謎。台灣櫻花鉤吻鮭最大體型記錄相對於現在的體型大很多，我們不禁懷疑，到底是因為過去台灣櫻花鉤吻鮭的生活棲地尚未遭至破壞，生活環境優渥，因此體型較大？還是因為近親繁殖而導致目前的台灣櫻花鉤吻鮭體型較小？或是有些魚可以活超過3歲？因此體型成長與年齡之間的關係可經由耳石研判而獲得一些線索。

本研究的困難點，由於2004年7、8月所發生的敏督利颱風及艾莉颱風使得溪水暴漲，將舊有的復育池毀壞，造成2001、2002和2003三個年級群嚴重損失外，也使得僅有的復育池標本全部流失。但我們仍盡力從一點點的線索中，解開台灣櫻花鉤吻鮭年齡之謎。水溫、營養、水域等不同的生活環境，會影響個體的成長。因此，我們養殖族群，清楚的掌握其生活環境，例如水溫及營養等加以記錄。由於養殖族群的年齡是確定的，與其耳石判讀的資料相對照，而精準的列出年齡與耳石之間的相對應關係。

本研究的目的是在利用年齡形質中的耳石來探討台灣櫻花鉤吻鮭之年齡以及成長之間的關係，可以得知其基本生物學進而進行更有效率的復育計畫。

## 材料與方法

### 3.1 實驗材料來源及處理：

#### 3.1.1 實驗動物：

本實驗樣本採自雪霸國家公園復育中心的台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 人工繁殖族群。採樣的樣本皆為在復育養殖過程中死亡的樣本，樣本以冰凍方式保存，再進一步做解剖，由於採樣為隨機，所以樣本中有 2001 年級群以及 2002 年級群，採樣數為 155 隻。雖然魚鱗是最早被當作判斷魚類年齡之形質，但鮭鱒魚類有克萊頓效應 (Crichton effect)，即鈣質重新吸收的逆轉現象 (1993, 殷)。所以，以鱗片當作判斷台灣櫻花鉤吻鮭年齡之形質不夠可靠。耳石卻沒有再吸收的現象 (1971, Pannella)，因此我們只取台灣櫻花鉤吻鮭的耳石做為年齡形質。

#### 3.1.2 魚體測量：

在解剖取耳石之前，先將魚體予以編號、照相 (圖 1)，並記錄總體長 (TL, total length)，以及標準體長 (SL, standard

length) 精確度為 1mm 以及體重 (BW, body weight) 以電子秤測量，精確度至 0.1g。

### 3.1.3 耳石之取出與清理：

以二刀法將台灣櫻花鈎吻鮭頭蓋骨延著眼睛上緣橫切開，切開頭腔內有成對的膜質迷路 (membranous labyrinth)，而膜質迷路被腦及薄膜裹藏，由外部無法直接看見耳石的存在 (落合, 1987)，所以我們必須用 3 號鑷將頭腔內的腦、薄膜和組織移除後 (圖 2)，就可看見膜質迷路。而我們將實驗所需要的耳石扁平石 (sagitta) (圖 3) (圖 4) 從小囊 (sacculus) 內取出 (圖 5)。

前半規管 (anterior semicircular canal)、水平半規管 (horizontal semicircular canal) 以及後半規管 (posterior semicircular canal)，三個互相垂直的半規管和通囊構成了所謂的膜質迷路 (Hibiya, 1982.)。膜質迷路的通囊 (utricle) 有礫石 (lapillus)，小囊 (sacculus) 有扁平石 (sagitta)，壺 (lagena) 有星狀石 (asteriscus) (圖 6, 圖 7)。三對耳石中，最大的是扁平石 (sagitta)，最常被用來做為年齡的判定；而另外兩顆耳石：礫石 (lapillus) 以及星狀石 (asteriscus)，質量太小，實驗操作上容易遺失，大都不被

採用，因此本實驗只取扁平石做為實驗的材料。

耳石取出後，浸泡於稀釋的次氯酸鈉 (NaOCl) 水溶液，即一般市售之漂白水 (6%)，30 分鐘後取出，目的在於溶解其餘非 CaCO<sub>3</sub> 形成之組織。耳石取出之後，再以 90% 的酒精 (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH) 沖洗，沖洗之後，置於一般室溫下，等待其乾燥。耳石乾燥後，以電子式游標尺測量扁平石 (sagitta) 最長長度，精確度為 0.01mm；再以電子微量天平秤其重量，精確度為 0.01mg。

#### **3.1.4 耳石包埋：**

將包埋劑 (Fast Cure Epoxy Resin) 混合攪拌調劑好之後，倒入包埋模具中，再用鑷子將耳石放至填滿包埋劑的空間底部，此時要注意，由於包埋劑在攪拌過程中會有氣泡產生，必須將氣泡挑除，否則凝固後會影響到耳石的標本品質。最後將包埋模具放入烘箱中，烘箱溫度設定 60°C，放置烘箱中 12 小時以上。

#### **3.1.5 耳石研磨：**

步驟一：以慢速切割機（Buehler isomet low speed saw）將包埋好的耳石切開，切開的部位為耳石之中心點以及距離中心點 0.5 mm 之地方。

步驟二：以熱融膠將耳石中心面固定在載玻片上。

步驟三：使用研磨機，以 800 及 1200 號砂紙研磨。過程中必須邊研磨邊在光學顯微鏡下觀察研磨的程度，以避免研磨過頭，損壞標本。

步驟四：最後以 4000 號砂紙細磨，使表面光滑，以利觀察。

步驟五：在解剖顯微鏡下觀察耳石上的明暗帶，數其輪數。

步驟六：以耳石核的中心為標準，朝上方、左方、右方、下方測量其明暗帶間的最長距離並紀錄之。

台灣櫻花鈎吻鮭的耳石為左右成對，兩顆耳石間不會有太大差異，但是為了求一致性以及減少誤差，所以本研究全部採用台灣櫻花鈎吻鮭的右耳石來作為年齡查定的依據。

### 3.2 分析方法：

我們以直線迴歸方程式  $Y=aX+b$  來分析耳石輪紋、年齡、體長、體重、耳石長與耳石重之間的關係，採用 SigmaPlot 2001 Demo 軟體繪圖。並用年齡與體長以 von Bertalanffy 成長方程式反推極限體長。von Bertalanffy 成長方程式介紹如下：

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

$L_t$ ：t歲時之魚體長

$L_\infty$ ：理論極限體長

k：體長接近理論極限體長之速率

t：年齡

$t_0$ ：理論零體長之年齡

在本論文中，我們首先求出體長與年齡間的關係，並以此找到極限體長，再利用 von Bertalanffy 成長方程式求得其成長速率。

## 結果與討論

## 4.1 耳石的形態與輪紋

台灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)具有三對耳石，分別是扁平石(sagitta)、星狀石(asteriscus)以及礫石(lapillus)，扁平石(sagitta)為此三對耳石中最大的一對耳石(Pannella, 1974)，本研究以扁平石(sagitta)(圖4)為年齡查定的標本，此對耳石位於投蓋股後腦部的小囊(sacculus)，左右各一個，兩者外形並無顯著差異。

在耳石的成長週期中有較寬(fast-growth zone)以及較窄(slow-growth zone)的成長帶交替出現，磨過的耳石在解剖顯微鏡下會呈現兩種輪紋:不透明輪(opaque ring)以及半透明輪(translucent ring)(Pannella, 1974; Williams and Bedford, 1974)。不透明輪以及半透明輪每年會在耳石上交替沉積著，半透明輪為冬天形成的區域，而本實驗將這個冬天形成的區域就當做一年(圖8)。本研究對於台灣櫻花鉤吻鮭耳石年齡之查定，曾嘗試使用全耳石來做為年齡查定之依據，但全耳石在稍加處理後，其輪紋並不易觀察，因此採用橫切過的耳石來推估年齡，應可以提供較清晰之成長帶與輪紋計數(圖9)。

## 4.2 耳石長、耳石重與體長、體重之關係

由於我們所採樣的樣本，有些是在繁殖期打鬥受傷感染水黴而死亡，而受傷的魚多半有斷尾或是爛尾的情況，為了怕有誤差的產生，我們對於魚體外觀的測量除了測量其全長（total length, TL）外，還測量魚體的標準體長（standard length, SL）。我們將全長（TL）以及標準體長（SL）兩方數據做比較分析（圖 10），全長（TL）與標準體長（SL）的關係以  $TL=Y_0+a SL$  表示之，計算全長（TL）與標準體長（SL）之關係方程式如下：

$$TL = 0.9012 + 1.082 \cdot SL, R^2 = 0.9925 \quad (1)$$

我們在方程式（1）中發現 R 值以及斜率皆趨近於 1，此結果顯示全長與標準體長呈現正相關，因此體長的表示使用全長（TL）或是標準體長（SL）並無差異性。不過為了求一致性，之後討論與體長相關的主題皆用全長（TL）做為數據。

由耳石長（OL）與體長（TL）之關係得知，兩者為正相關成長（圖 11），耳石重（OW）與體長（TL）也有相似的正相關成長（圖 12）。耳石長（OL）與體重（W）雖為正相關成長，體重在大於 300g 時，耳石長不再增加（圖 13）。但耳石重（OW）與體重（W）卻為明顯的正相關成長，體重

在大於 300g 時，耳石重仍在增加（圖 14）。

### 4.3 耳石輪紋與體長體重之關係

我們將處理好的耳石經過判讀後，觀察輪紋數（rings, RS）與體長（TL）、體重（W）之關係發現輪紋數與體長、體重為正相關成長（圖 15，16），關係方程式如下：

$$RS = 10.91 + 5.414 TL, R = 0.6754 \quad (2)$$

$$RS = 0.6697 + 77.30 W, R = 0.7244 \quad (3)$$

我們嘗試做耳石輪紋與耳石長、耳石重之間的關係，但發現耳石輪紋與耳石長、耳石重之間並無趨勢性，這可能因為我們樣本數太少，而誤差影響分析結果所導致。

### 4.4 體重與體長之關係

體重（W）與體長（TL）之關係以  $W = a TL^b$  表示之，計算體重（W）與體長（TL）之關係方程式如下（圖 17）：

$$W = 0.01947 \cdot TL^{2.831} \quad (4)$$

由標識 (tag) 與歷史資料得知樣本的年齡，與本實驗紀錄的體長利用 von Bertalanffy 成長方程式可求得其極限體長為 52.98cm，體長接近理論極限體長之速率 (k 值) 為 0.02972 (圖 18)，其 von Bertalanffy 成長方程式如下：

$$TL = 52.98 \left( 1 - e^{-0.02972AG} \right) \quad (5)$$

我們以此 von Bertalanffy 成長方程式帶入年齡，進而推估出年齡 (Age) 與體長 (TL) 對照表 (表 2)，表格中顯示出三齡魚之體長為 34.80cm，與我們實驗標本中最大的二齡半魚體長 33.5cm 比較之下，顯示出為合理的推估。

台灣櫻花鉤吻鮭實際年齡是否可以活至 4 齡，我們至今尚未不清楚，但我們可以從我們的 von Bertalanffy 成長方程式中推估出 4 齡魚的體長約為 44.07cm，倘若我們可以自野外溪中拾獲的魚體體長有這麼長的話，那我們就可推論出台灣櫻花鉤吻鮭至少可以活至 4 齡。

#### 4.5 耳石輪紋與年齡的關係

利用 4.1 的方法進行耳石輪紋的年齡判讀後，與由標識而得知的年齡進行比較（表 1）。結果發現，當耳石三、四輪時魚齡只有約  $25.8 \pm 2.30$  與  $30.3 \pm 0.95$  個月較理論值為低（理論值應大於 24 與 30 個月）。這是因為當台灣櫻花鉤吻鮭在大於二齡時，死亡率偏高而產生抽樣誤差導致。探討大於二齡時死亡率偏高的原因，不外乎是繁殖期打鬥及產卵導致的大量死亡所造成。

由於變異係數的高低代表著樣本分佈狀況。當變異係數低時，表示樣本分佈較窄，平均值代表樣本的準確率越高。由表 2 可以看出隨著輪紋的增加，對於標識年齡的變異係數便降低。這是因為耳石的核與第一個不透明輪的判別有困難，所以將核與第一個不透明輪都判讀於 0 輪。又 0 輪的範圍為 1~4 輪的兩倍（0 輪的年齡範圍為 12 個月，1~4 輪每一輪為 6 個月），所以變異係數較大為預期結果。

由耳石輪紋與年齡的分佈圖可以得到櫻花鉤吻鮭的耳石輪紋與年齡的關係式如下：

$$OR = -1.208 + 0.1584 \cdot AG \quad r^2 = 0.8456 \quad (6)$$

其中 OR 為耳石所判讀的輪紋數，AG 為由標識而得知的年

齡。利用耳石輪紋所判定的年齡與實際年齡數比較，可得到相同準確的結果（表 2，圖 19）。

#### 4.6 耳石重與耳石長與年齡的關係

4.5 中，我們已經可以由判讀耳石輪紋準確的得知年齡。但要將耳石製備成可以判讀的樣品，不但花時間，而且失敗率高，所以找出較簡便的檢測年齡方式是必須的。由於耳石重的測量簡單方便，所以不少研究是討論魚類耳石重與年齡間的關係。故在此我們除了討論耳石重與年齡的關係外，也研究耳石長與年齡的關係。

由表 3 和表 4 我們可以清楚的除了可以看出隨著輪紋的增加耳石重與耳石長隨之增加，而變異係數卻隨之降低。由於在 0 輪時，耳石重與耳石長數值都偏小，所以誤差相對較大，因此變異係數較大。

耳石重、耳石長與年齡是呈現正相關的關係。因此將耳石重與耳石長對耳石輪紋作分佈圖得到圖 20 與圖 21，而其左耳石與右耳石的長和重與相對應的耳石輪紋關係式如下：

$$OW = 1.158 + 0.6152 \cdot OR \quad r^2 = 0.6637 \quad \text{左耳石} \quad (7)$$

$$OW = 1.200 + 0.5523 \cdot OR \quad r^2 = 0.6300 \quad \text{右耳石} \quad (8)$$

$$OL = 2.297 + 0.3861 \cdot OR \quad r^2 = 0.5595 \quad \text{左耳石} \quad (9)$$

$$OL = 2.298 + 0.3632 \cdot OR \quad r^2 = 0.5125 \quad \text{右耳石} \quad (10)$$

其中 OW 表示耳石重(mg)，OL 為耳石長(mm)。而由這關係式可以看出，利用耳石重或是耳石長來預測台灣櫻花鈎吻鮭的年齡是可行，唯準確率較耳石輪紋判讀低。

#### 4.7 耳石間距長與年齡的關係

由 4.6 中我們已經確知了耳石長是可用來判讀年齡，但是準確率卻較耳石輪紋低，為了可以更加精準的判讀，我們將更進一步探討耳石輪紋間長度與實際年齡之間的比較。

我們將研磨好的耳石經過測量之後，把其中所得到的數值去與實際年齡扣除 6、12、18、24 個月之後作圖(圖 22)比較。得到關係式如下：

$$AG = 0.0229 \cdot OML + 2.2 \quad r^2 = 0.0115$$

OML 為耳石所判讀的輪紋間距長，AG 為標識再扣除 6、12、18、24 或 30 而得的年齡。

由此關係式可以發現，扣除 6、12、18、24 個月，並無明顯的趨勢性，推測無法由耳石間的輪紋距離來判別詳細的年齡，也可能是因為樣本數太少造成誤差，而影響實驗結果。

## 參考文獻

- Bagenal, T. B. 1974. The ageing of fish. Unwin, London, 234 pp.
- Beamish, R.J., Fournier, D.A., 1981. A method for comparing the precision of set of age determinations. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 38, 982-983.
- Beamish, R.J., 1979. Differences in the age of Pacific Hake (*Merluccius productus*) using whole otolith and sections of otoliths. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 36, 141-151.
- Boehlert, G.W., 1985. Using objective criteria and multiple regression models for age determination in fishes. Fishery Bulletin. 83, 103-117.
- Campana, S.E., 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. Journal of Fish Biology 59, 197-242.
- Degens, E. T., Deuser, W. G., Haedrich, R. L., 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. Marine Biology 2, 105-113.
- Gauldie, R. W., Nelson, D.G.A., 1988. Aragonite twinning and neuroprotein secretion are the cause of daily growth

increment deposition in fish otoliths. *Comparative Biochemistry and Physiology* 90, 501-509.

Messieh, S. N., 1972. Use otoliths in identifying herring stocks in the Southern Gulf of St. Lawrence and adjacent waters. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29, 1113-1118.

Morales-Nin, B., Ralston, S., 1990. Age and growth of *Lutjanus Kasmira* (Forsk.) in Hawaiian waters. *Journal of Fish Biology* 36, 191-203.

Pannella, G., 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science* 173, 1124-1127.

Pannella, G., 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. In: Bagenal, T. B.(Ed.) *Ageing of fish*. Unwin Limited, pp. 28-39.

Pannella, G., 1980. Growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. In: Bagenal, T. B.(Ed.) *Age of fish*. Unwin Limited, pp. 28-39.

Pawson, M.G., 1990. Using otolith weight to age fish. *Journal of Fish Biology* 36, 521-531.

Platt, C., Popper, A.N., 1981. Fine structure and function of the ear. In: Tavalga, W.N., Popper, A.N., Fay, R.R.(Eds.) Hearing and sound communication in fishes. Springer Verlag, New York, pp. 3-38.

Popper, A.N., Coombs. S., 1980. Auditory mechanisms in teleost fishes. *American Scientist* 68, 429-440.

Templeman, W., Squire, H.J., 1956. Relationships of otolith lengths and weights in the haddock *Melanogrammus aeglefinus* (L.) to the rate of growth of the fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 13: 467-487.

Williams, T., Bedford, B.C., 1974. The use of otoliths for otoliths for age determination. In: Bagenal, T.B.(Ed.) Aging of fish. Unwin Bothers Limited. pp. 114-124.

Yefanov, V. N. Khorevin, L.O., 1979. Distinguishing populations of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha*, by the size of their otoliths. *Journal of Ichthyology* 19, 142-145.

Zhang, Z., 1992. Ultrastructure of otolith increments and

checks in the teleost fish *Oreochromis niloticus*. *Journal of Morphology* 211, 213- 220.

于淑芬，2002。高山溪拆壩後環境監測及武陵地區水質調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處。35 頁。

于淑芬，2003。武陵地區水質調查及環境監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處。31 頁。

沈世傑，1993。台灣魚類誌，國立台灣大學動物系。960 頁。

汪靜明，1994。子遺的國寶--臺灣櫻花鉤吻鮭專集，內政部營建署雪霸國家公園管理處。185頁。

汪靜明、林永發，2002。生態視窗武陵生態旅遊，內政部營建署雪霸國家公園管理處。223頁。

林正輝、郭金泉，2003。以鱗片和鱗序推論台灣陸封櫻花鉤吻鮭魚 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 年齡和成長，內政部營建署雪霸國家公園管理處九十二年研究報告第 9219 號。31 頁。

林曜松、曹先紹、張崑雄、楊平世，1988。櫻花鉤吻鮭生態之研究 (二) 族群分佈與環境因子間關係之研究。農委

會 77 年生態研究第 8 號。18 頁。

林曜松、楊平世、梁世雄、曹先紹、莊玲川，1987。櫻花鉤吻鮭生態之研究(一)魚群分布與環境因子關係之初步研究。農委會 76 年生態研究報告第 023 號。66 頁。

林曜松、楊平世、梁世雄、曹先紹、莊玲川，1988。櫻花鉤吻鮭生態之研究(二)魚群分布與環境因子關係之初步研究。農委會 77 年生態研究報告第 023 號。93 頁。

孫元勳，2003。櫻花鉤吻鮭天敵之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。49 頁。

殷名稱，1998。魚類生態學。水產出版社，基隆市。537 頁。

曹先紹，1997。櫻花鉤吻鮭之族群保育。海峽兩岸珍稀動物保育研討會論文集。237-260 頁。

梅非比、劉蘭亭，2003。失去大海的鮭魚。檢書堂，台北縣。175 頁。

莊鈴川，1988。櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 資源生物學的基礎研究，國立台灣大學漁

業科學研究所碩士論文。92頁。

曾晴賢，1994。櫻花鈎吻鮭族群調查及觀魚台附近河床之改善研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。33頁。

曾晴賢，1995。櫻花鈎吻鮭復育研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。23頁。

曾晴賢，1996。櫻花鈎吻鮭族群數量和生態調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處。42頁。

曾晴賢，1997。櫻花鈎吻鮭族群生態調查和育種位置評估。內政部營建署雪霸國家公園管理處。79頁。

曾晴賢，1998。櫻花鈎吻鮭族群監測與生態調查(一)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。81頁。

曾晴賢、游智閔、王昱人、黃榮鈺，1999。櫻花鈎吻鮭族群監測與生態調查(二)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。45頁。

曾晴賢、楊正雄，2000。櫻花鈎吻鮭族群監測與生態調查(三)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。63頁。

- 曾晴賢、楊正雄，2001。櫻花鈎吻鮭族群監測與生態調查  
(四)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。42 頁。
- 曾晴賢、楊正雄，2002。台灣櫻花鈎吻鮭的生態與保育，與  
台灣櫻花鈎吻鮭有約保育研討會論文集。14 頁。
- 曾晴賢、楊正雄，2002。櫻花鈎吻鮭族群監測與生態調查  
(五)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。45 頁。
- 黃沂訓、陳忠佑、藍智鴻、陳恬如、楊宜勳、陳耀弘，2003。  
台灣櫻花鈎吻鮭標示放流系統之研究。內政部營建署雪  
霸國家公園管理處。72 頁。
- 落合明，1987。魚類解剖學。綠書房，東京都。297-299 頁。
- 葉明峰、張世倉、林斯正，2003。台灣櫻花鈎吻鮭域外放流  
棲地之評估。行政院農委會特有生物研究保育中心。  
15-32 頁。
- 戴永禎，1992。台灣櫻花鈎吻鮭之族群生態學研究，國立台  
灣大學動物學研究所博士論文。121 頁。

輿儀喜宣、中才廣司，1938。林曜松譯台灣高地產鱒（櫻花  
鈎吻鮭）。行政院農業委員會自然文化景觀論文集（二）  
鮭鱒魚保育專輯。1-30頁。

韓麗明，1992。魚類生態學。財團法人徐氏基金會，台北縣。  
132-208 頁。

表 1 Von Bertalanffy 成長方程式推估年齡(Age)與體  
長(TL)對照表

Age(month)	TL(cm)	Age(month)	TL(cm)
1	1.55	31	31.89
2	3.05	32	32.51
3	4.51	33	33.11
4	5.93	34	33.69
5	7.31	35	34.25
6	8.65	36	34.80
7	9.95	37	35.33
8	11.21	38	35.85
9	12.43	39	36.35
10	13.62	40	36.84
11	14.77	41	37.31
12	15.89	42	37.77
13	16.97	43	38.21
14	18.03	44	38.65
15	19.05	45	39.07
16	20.04	46	39.47
17	21.01	47	39.87
18	21.95	48	40.25
19	22.85	49	40.63
20	23.74	50	40.99
21	24.59	51	41.34
22	25.42	52	41.68
23	26.23	53	42.01
24	27.01	54	42.33
25	27.77	55	42.64
26	28.51	56	42.94
27	29.23	57	43.24
28	29.92	58	43.52
29	30.60	59	43.80
30	31.25	60	44.07

表 2 耳石輪紋與實際年齡比較表

輪紋年齡 (ring)	樣本數 (n)	實際平均年齡 (month)	標準偏差 (s.d)	變異係數 (coefficient of variance)
0	5	6.6	1.817	27.53%
1	82	14.8	2.000	13.53%
2	20	17.7	2.012	11.37%
3	12	25.8	2.301	8.94%
4	7	30.3	0.951	3.14%

表 3 耳石長與輪紋的關係

平均耳石 長 (mm)	標準偏 差 (s.d.)	變異係數 (coefficient of variance)	樣本數 (n)	耳石輪 紋 (ring)
左耳石				
1.72	0.49	28.49%	3	0
2.71	0.27	9.96%	80	1
3.1	0.39	12.58%	20	2
3.41	0.22	6.45%	10	3
3.77	0.18	4.77%	6	4
右耳石				
1.95	0.55	28.21%	3	0
2.67	0.3	11.24%	80	1
3.1	0.36	11.61%	20	2
3.28	0.21	6.40%	10	3
3.73	0.3	8.04%	6	4

表 4 耳石重與輪紋的關係

平均耳石 重 (mg)	標準偏 差 (s.d.)	變異係數 (coefficient of variance)	樣本數 (n)	耳石輪 紋 (ring)
左耳石				
0.86	0.5	58.14%	3	0
1.82	0.34	18.68%	80	1
2.27	0.39	17.18%	20	2
2.77	0.38	13.72%	10	3
3.96	0.55	13.89%	6	4
右耳石				
0.92	0.55	59.78%	3	0
1.79	0.33	18.44%	80	1
2.2	0.38	17.27%	20	2
2.66	0.39	14.66%	10	3
3.69	0.55	14.91%	6	4



圖 1 魚體外觀形質的觀察、測量與紀錄

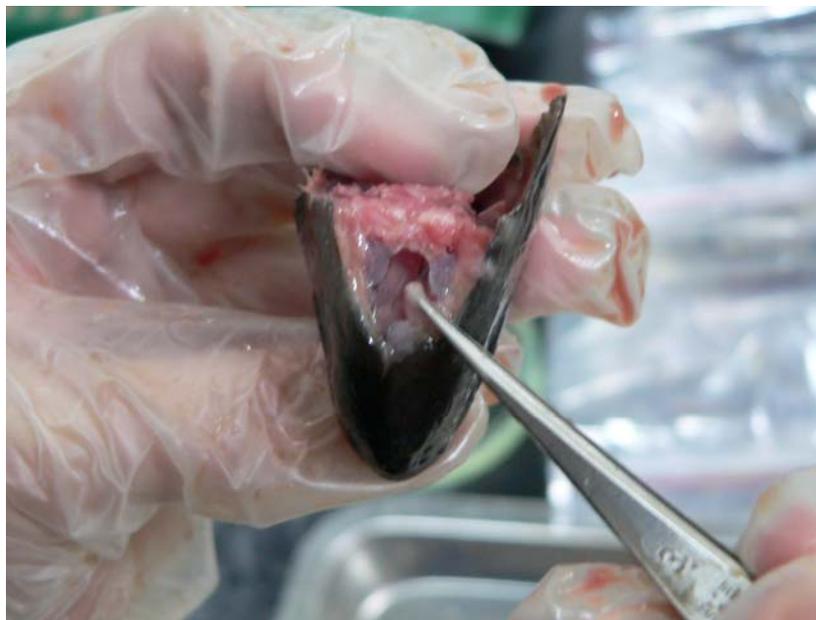


圖 2 使用 3 號鑷將頭腔內的腦、薄膜和組織移除



圖 3 取出耳石扁平石 (sagitta)

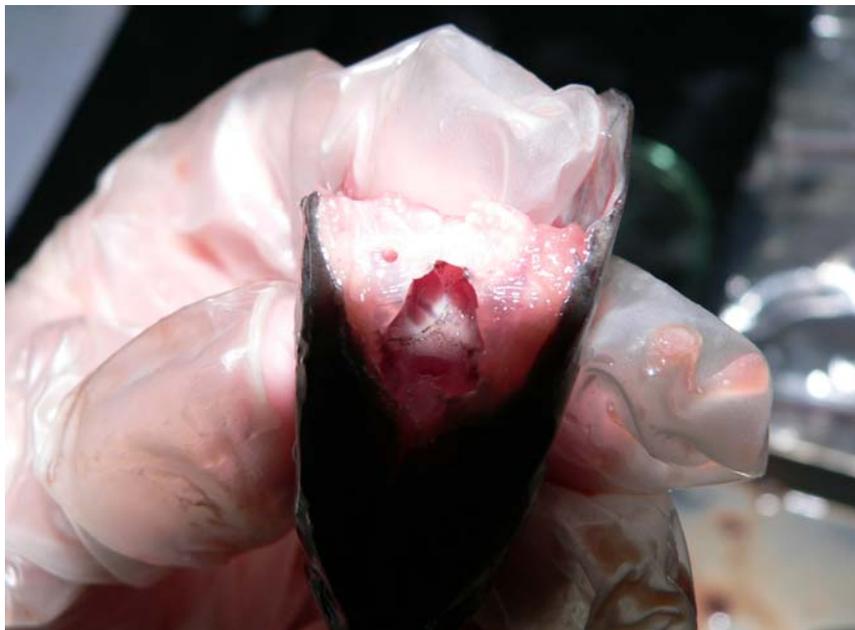


圖 4 台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*)  
小囊 (耳石袋, sacculus)



圖 5 台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*)  
耳石(扁平石)

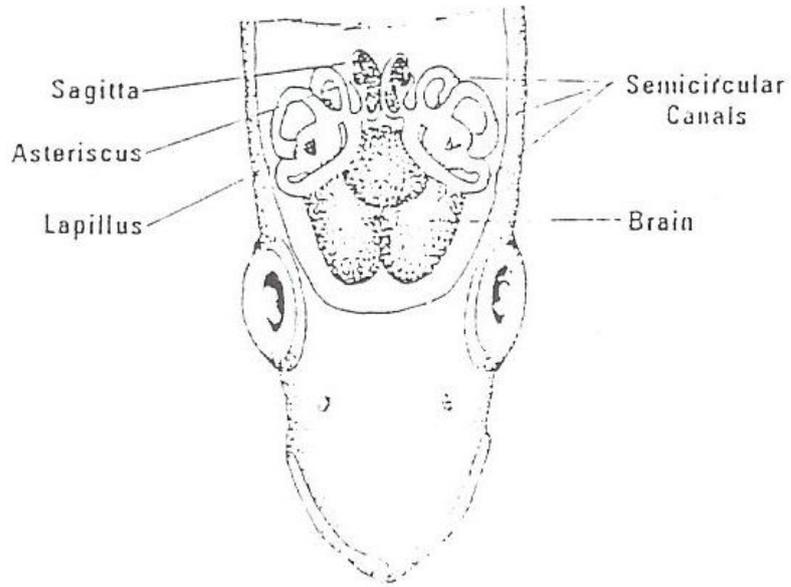
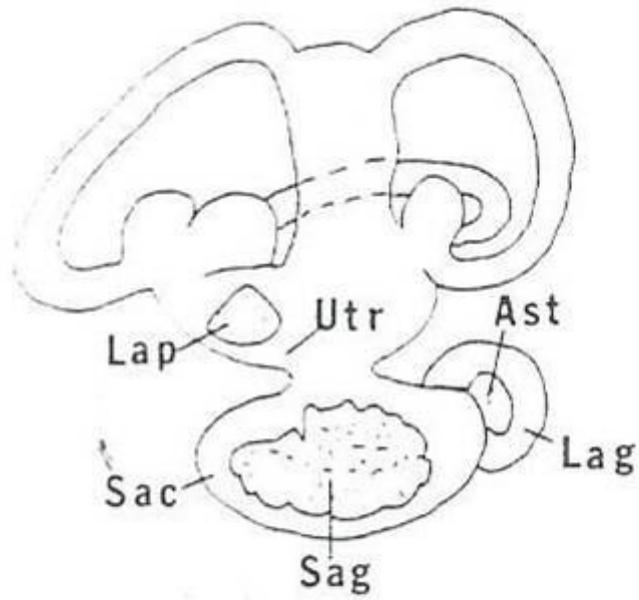


圖 6 各耳石存在之位置之一 (David H. Secor et al., 2002)



Typical Teleost

圖 7 各耳石存在之位置之二 (David H. Secor et al., 2002)



圖 8 台灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)耳石所呈現的不透明輪 (opaque ring) 以及半透明輪 (translucent ring)，我們依據此來辨別魚的輪紋數。

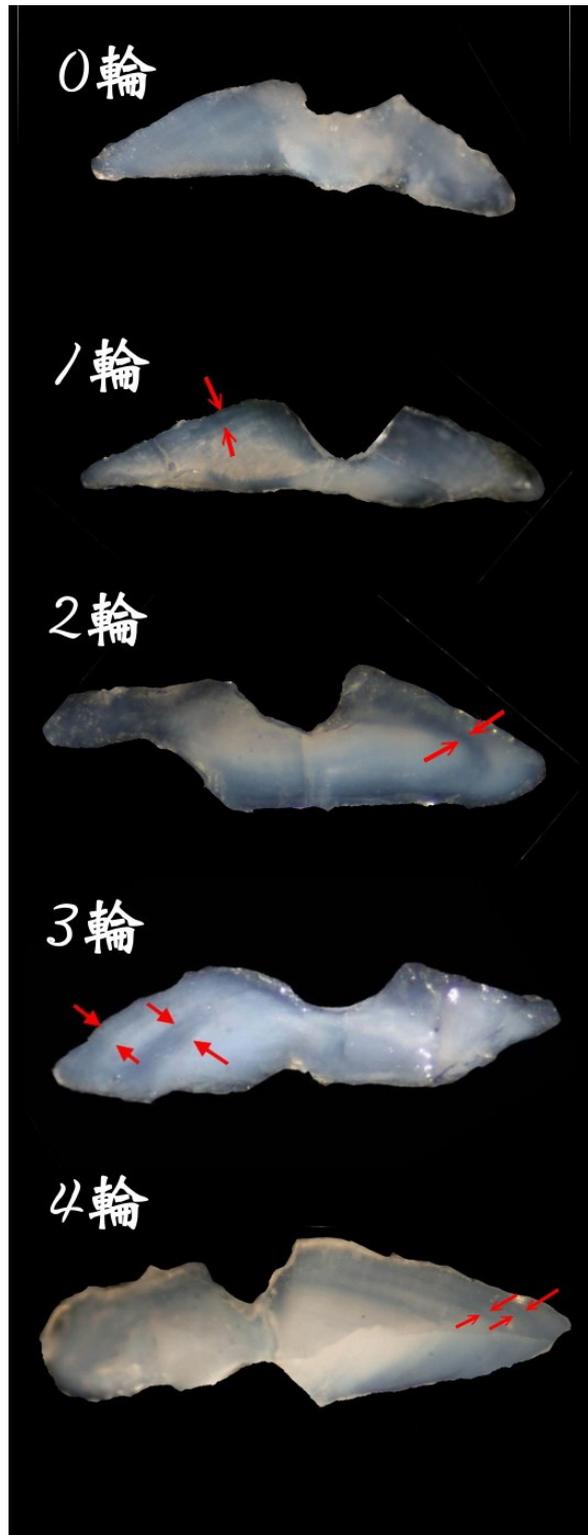


圖 9 台灣櫻花鉤吻鮭耳石輪紋之判定

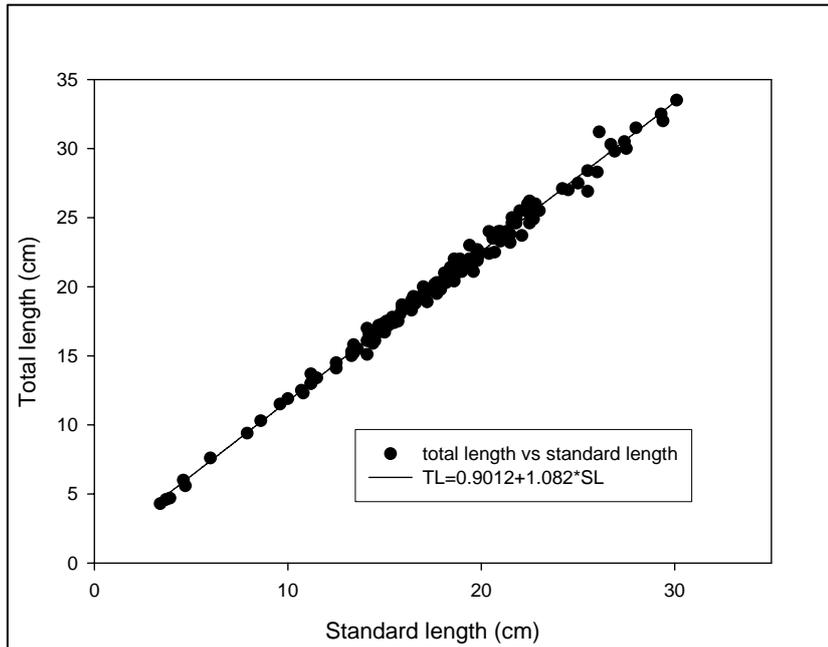


圖 10 總體長與標準體長線性回歸圖

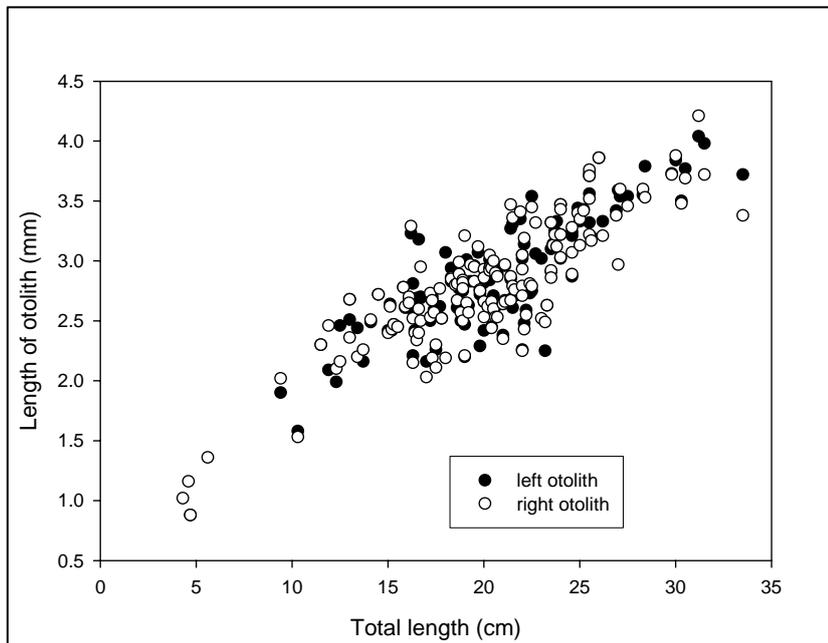


圖 11 耳石長與體長分佈圖

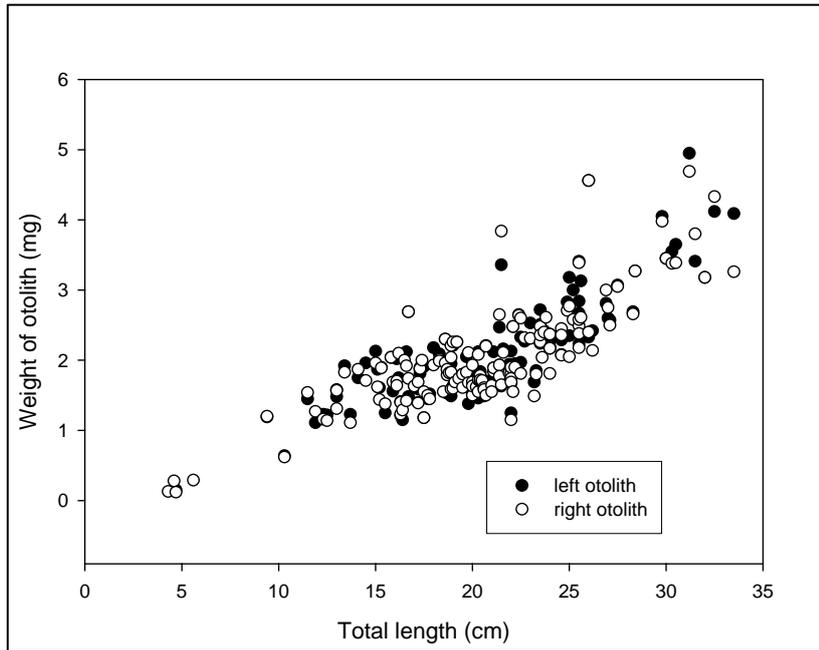


圖 12 耳石重與體長分佈圖

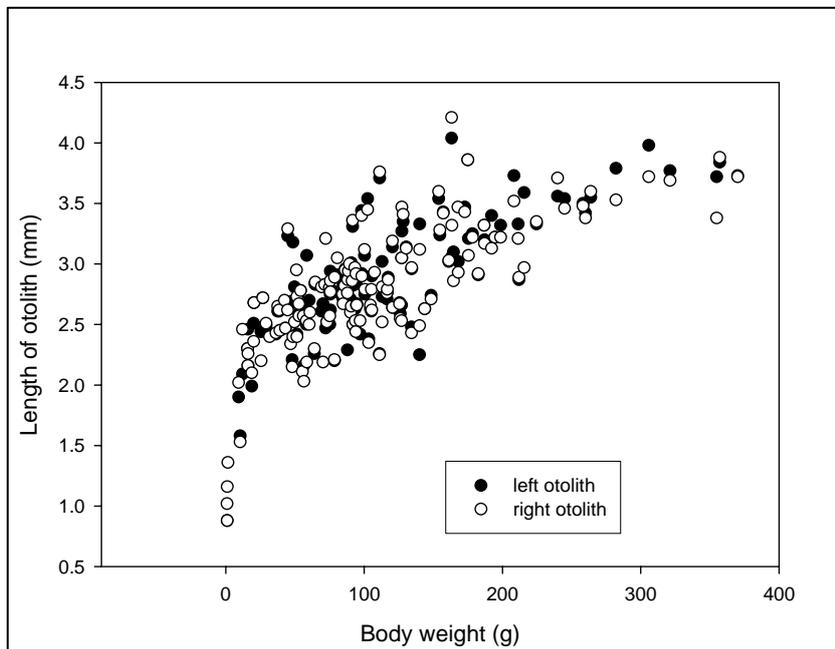


圖 13 耳石長與體重分佈圖

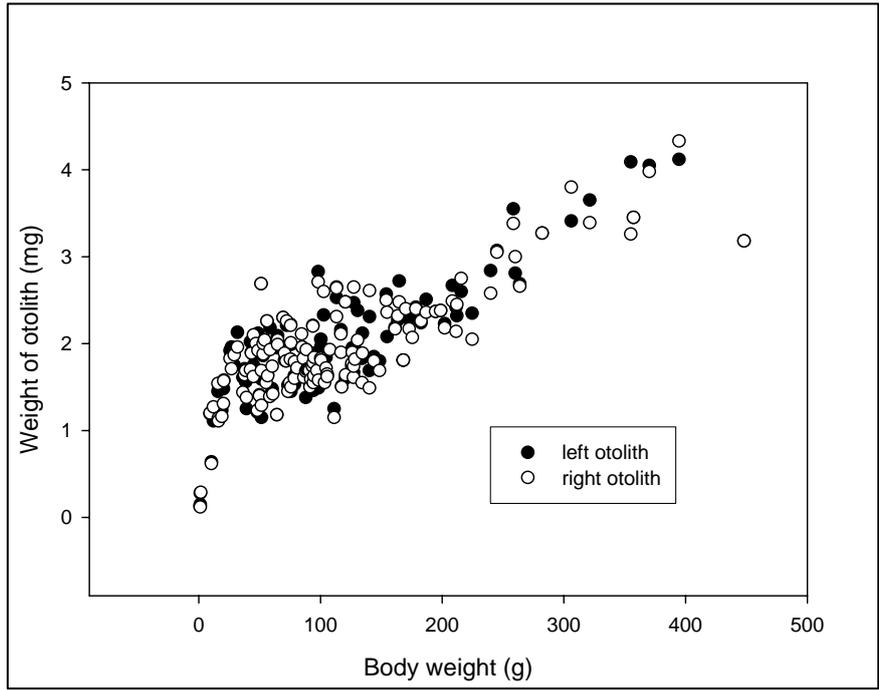


圖 14 耳石重與體重分佈圖

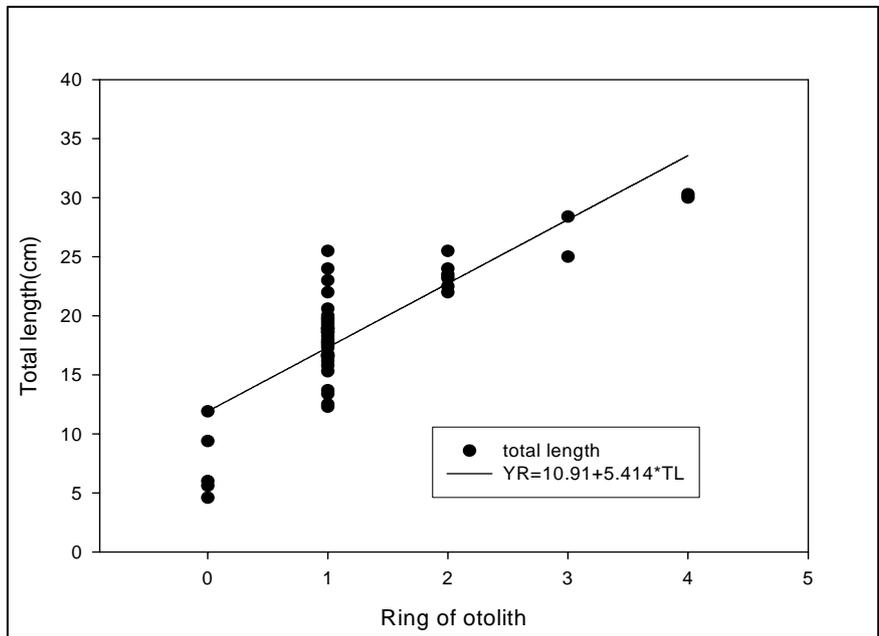


圖 15 輪紋數與體長直線回歸圖

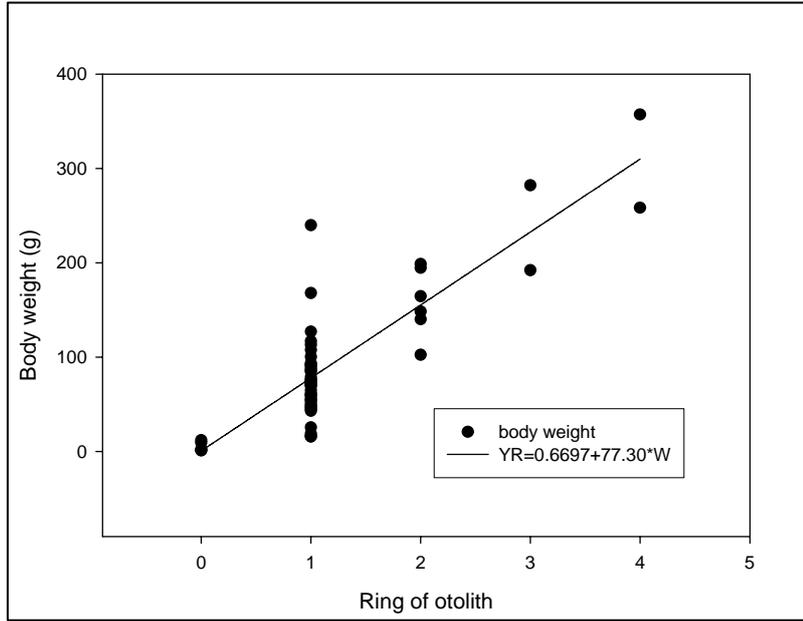


圖 16 輪紋數與體重直線回歸圖

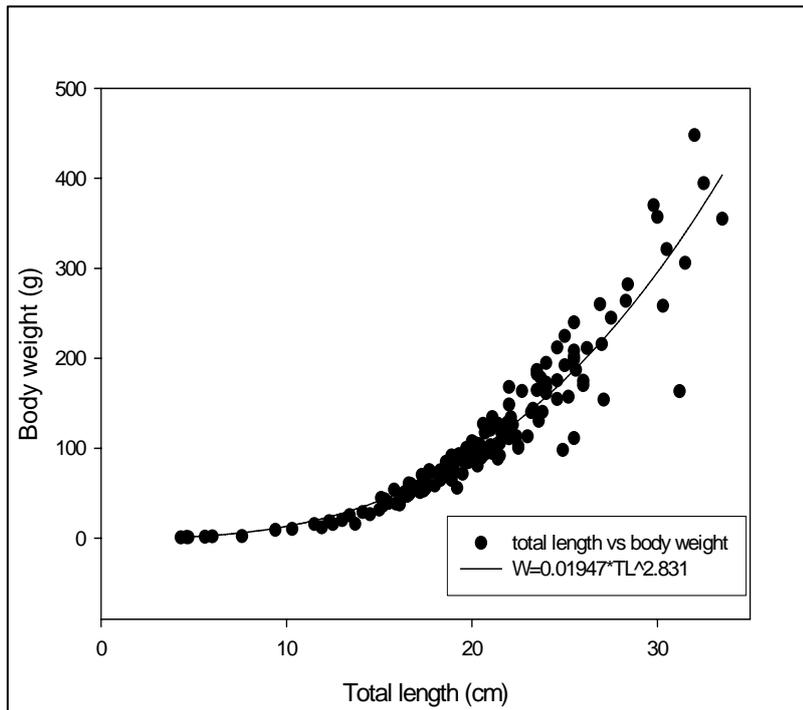


圖 17 體重與體長之關係方程式圖

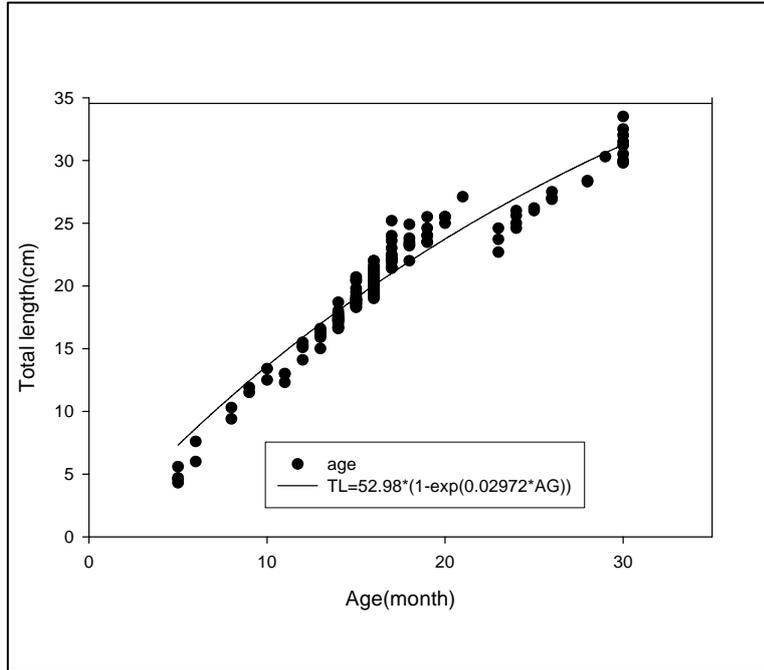


圖 18 年齡與體長之關係圖

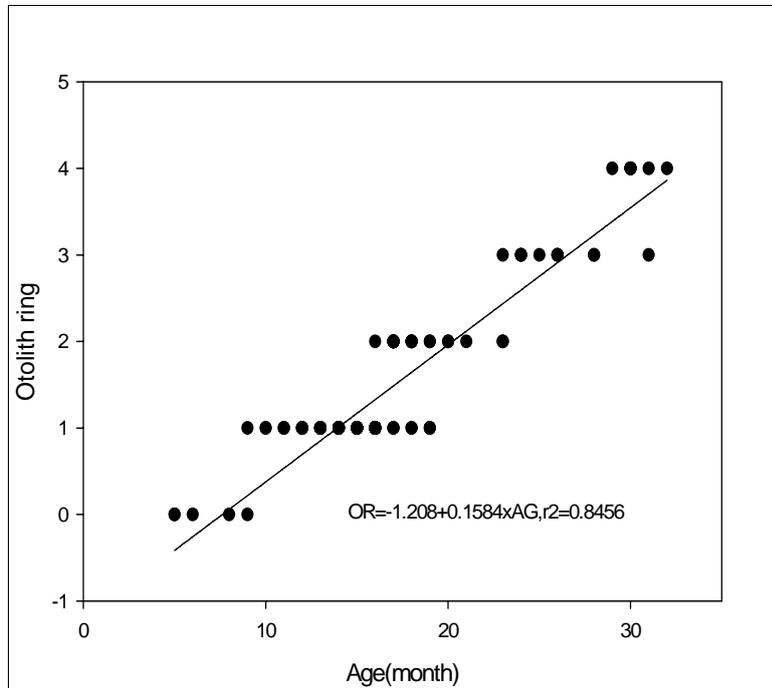


圖 19 耳石輪紋與標識所得之年齡分佈圖

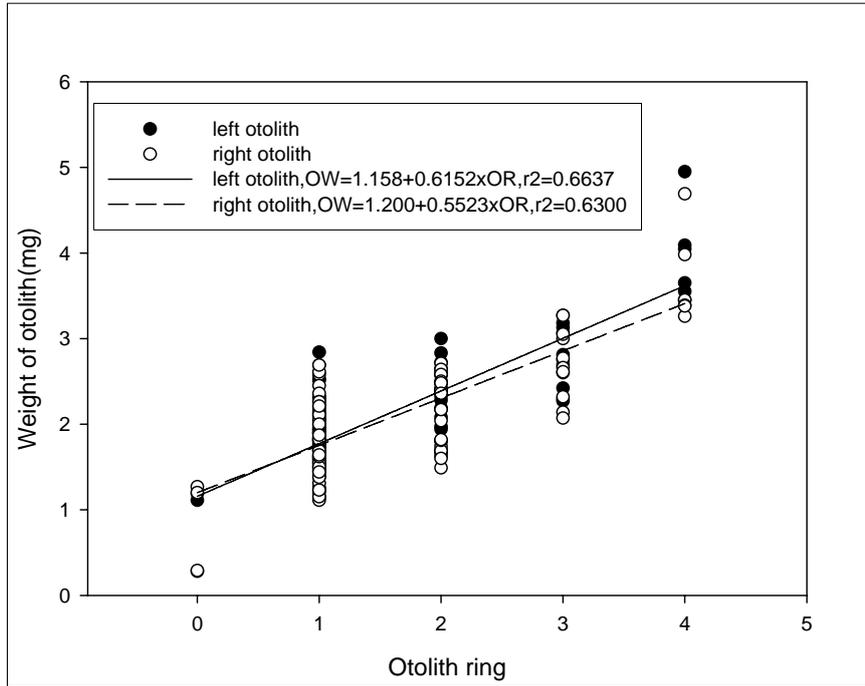


圖 20 耳石重對輪紋分佈圖

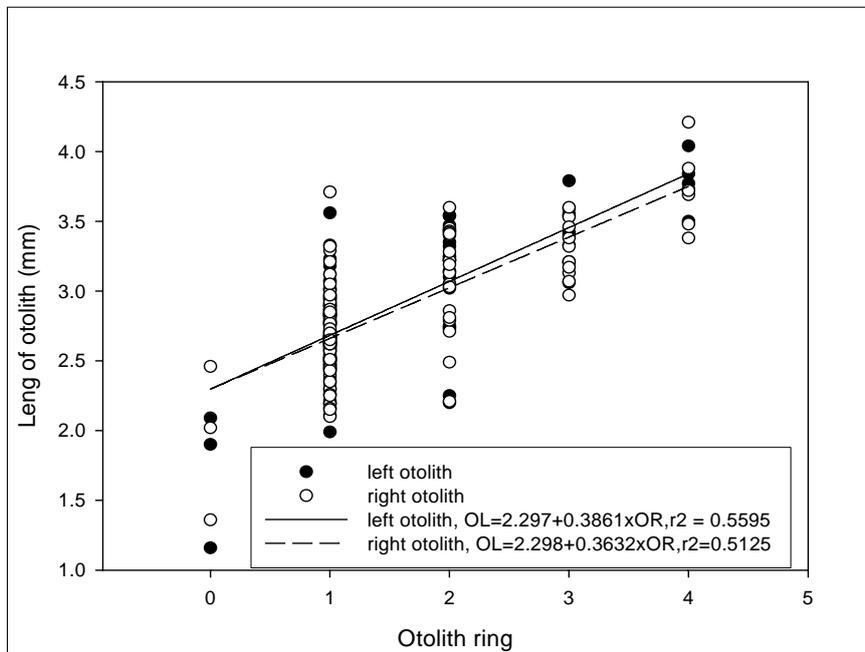


圖 21 耳石長對輪紋分佈圖

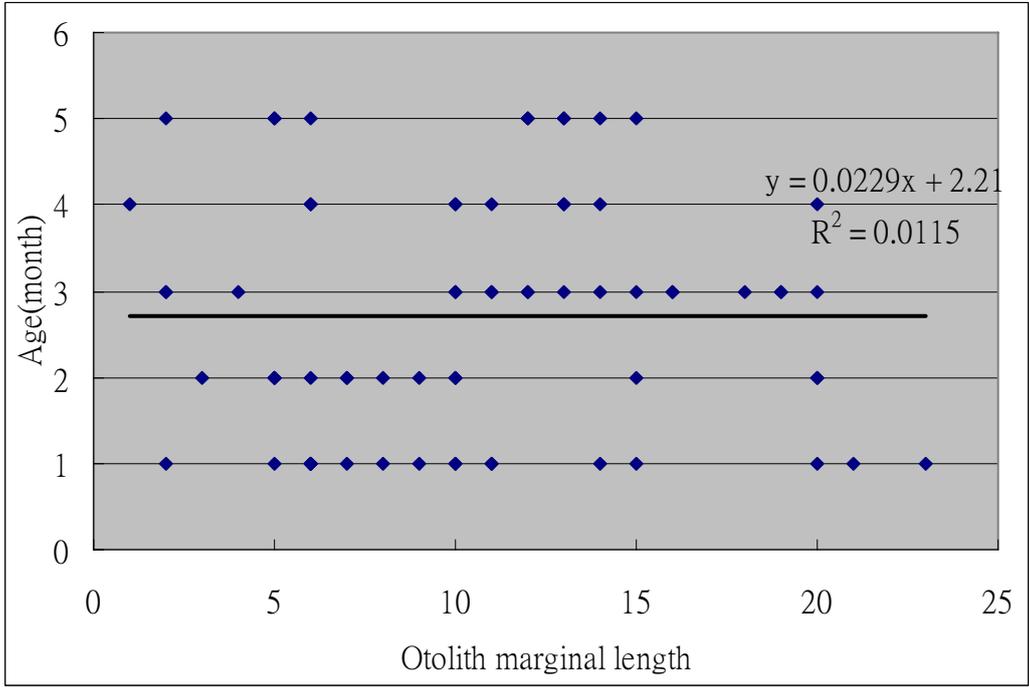


圖 22 耳石間距長與年齡之關係