

以鱗片和鱗序推論台灣陸封櫻花鉤吻鮭
(*Oncorhynchus masou formosanus*)
魚類年齡和成長

Determination of age and growth of
Taiwan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*)
based on scale and squamation

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告

092 - 301020500G - 019

以鱗片和鱗序推論台灣陸封櫻花鉤吻鮭

(*Oncorhynchus masou formosanus*)

魚類年齡和成長

Determination of age and growth of

Taiwan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*)

based on scale and squamation

受委託者：國立臺灣海洋大學水產養殖系

研究主持人：林正輝

協同主持人：郭金泉

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十二年十二月

目次

表次	11
圖次	111
摘要	1V
第一章 前言	1
第二章 材料與方法	3
第三章 結果與討論	4
第一節 結果	4
第二節 討論	5
謝言	9
主要參考文獻	10

表次

表 1 同一部位的 3 片鱗片，每片鱗片其 4 個軸長（左、右、上、下）的隆起線數目（最小和最大值）	12
表 2 同一部位的 3 片鱗片，其 4 個軸長（左、右、上、下）隆起線數目之頻度	13
表 3 同一部位的 3 片鱗片，此 3 片鱗片其上、下、左、右軸之隆起線數目（最小和最大值）	14
表 4 同一部位的 3 片鱗片，每片鱗片其長軸和短軸的長度	15

圖次

圖 1 採集、分離肌肉和附有鱗片之皮膚	16
圖 2 超音波分離、清潔鱗片，並置於玻片上等待鏡檢	17
圖 3 本研究採集鱗片的10個 (A、B、C、D、E、F、G、H、I、J) 體表部位	18
圖 4 a 以4種顯微鏡觀察技巧檢查魚鱗	19
圖 4 b 以4種顯微鏡觀察技巧檢查魚鱗	20
圖 5 台灣陸封鮭魚鱗片之中心板徑。鱗片之全長約50 μm	21
圖 6 以鱗片之中心板徑為基準，計算上下左右4個軸長的隆起線數目及長度。	22
圖 7 鱗片中心板徑的尺寸，隨著體長之增長有大型化之趨勢	23
圖 8 鱗片的尺寸和體長的關係	24
圖 9 同一尾魚不同體表部位鱗片的鱗片大小和隆起線的數目	25
圖 10 耳石有多個核心，不同的核心，有不同的起點	26

摘 要

以光學（明視野、暗視野、相位差）顯微鏡和掃描式電子顯微鏡觀察台灣陸封鮭魚（*Oncorhynchus masou formosanus*）仔魚的鱗片，研究鱗片所提供之形質（隆起線數目、鱗片的大小、中心板徑）。台灣陸封鮭魚仔魚鱗片的尺寸，隨著魚體體長之增長有大型化之趨勢，但是鱗片的大小會因魚體體表部位之不同而不同。鱗片上之隆起線的數目一如鱗片的大小，亦隨著魚體體長之增長而有增加的趨勢，但其數目會因魚體體表部位之不同而異。同一尾魚不同體表部位的鱗片其隆起線數目不同、甚至同一尾魚同一體表部位的不同鱗片，其隆起線數目也不同頗有變異。因此我們不推薦以鱗片的形質（隆起線數目、鱗片的大小）來逆算推估台灣陸封鮭魚仔魚之魚齡和成長狀況。我們的預備實驗發現台灣陸封鮭魚仔魚之耳石有類似日周輪的紋路，但含多核心值得做進一步的探討。

關鍵詞：鱗片、隆起線、耳石、台灣陸封鮭魚、（*Oncorhynchus masou formosanus*）

第一章 前言

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之一 (Ambrose 1983; 赤嶺、麥谷 1997; 殷 1998)。譬如，研究魚類的生長、攝食、繁殖、洄游等各種生命機能，若不與年齡相聯繫，就無法了解它們在整個生活史的不同階段與外界環境的聯繫特點和變化規律。魚類生物研究人員也無從在漁業生產中利用這些規律，進行下一步的魚類資源的評估和管理。

雖然有關鑑定魚類年齡的方法不少，不過歸納起來，大概有三個主要的方法。第一個方法稱為標識放流。第二個方法稱為 Peterson method，其係透過採樣後繪製體長頻度分佈圖。第三個方法是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) (Ambrose 1983; 赤嶺、麥谷 1997; 殷 1998)。

鑒於一般生物的成長會隨著季節的週期而具有週期性，所採用推算魚類的年齡形質，必須是能反映這種因為季節週期所造成生物的成長差異特性，而形成有規則的標誌；同時年齡形質也必須要忠實的紀錄生物個體經時的生理變化過程。因此目前鑑定魚類年齡，依據的年齡形質，主要是利用魚類成長時在鱗片、耳石 (otolith) 以及各種骨骼組織 (棘 (spine)、脊椎骨、鎖骨 (cleithrum)、鰓蓋骨 (opercular bone) 上留下的輪紋標誌來推論的 (Ambrose 1983; 赤嶺、麥谷 1997; 殷 1998)。

荷蘭的 Anthony Van Leeuwenhoek 觀察鰻魚時發現鰻魚身上有鱗片，他率先於 1684 年倡議利用魚類成長時在鱗片上留下的標誌來推論魚類年齡 (殷 1998)。而最早作出可靠的魚類年齡鑒定的是瑞典的 Hans Hederstrom (殷 1998)。Hans Hederstrom 於 1759 年依據脊椎骨上的環紋，分清了狗魚 (*Esox lucius*) 和其它若干種魚類的年齡 (殷 1998)。由於調查魚類鱗片不必犧牲魚隻、對魚體造成的傷害最小，而且可以迅速、簡便、經濟的處理大量的樣本，因此研究魚類鱗片的歷史相當悠久，利用鱗片上面的形質做年齡的鑑定和推算早已行

以鱗片和鱗序推論台灣櫻花鉤吻鮭魚類年齡和成長

之有年(田口 1965; Ambrose 1983), Vogt 於 1842 年開始著手研究大西洋鮭魚(*Salmo salar*) 的鱗片(田口 1965; Ambrose 1983; 赤嶺、麥谷 1997; 殷 1998)。隨後 Fritsch 於 1893 年發現大西洋鮭魚的隆起線(輪紋; circuli) 會隨著魚齡的增加而增加(田口 1965)。Johnston 於 1905 年才較完整的報告大西洋鮭魚隆起線的形成狀態及大西洋鮭魚的生活史(田口 1965; Ambrose 1983; 赤嶺、麥谷 1997; 殷 1998)。研究鮭魚魚鱗的歷史悠久, 尤其是在鮭鱒魚的資源管理上藉魚鱗上的資訊以推論鮭鱒魚的洄游路線、鑑定種別、生存水域等報告不勝枚舉(田口 1965)。不過直到本世紀, 有關魚類年齡鑒定的技術、方法和理論的完善及其實用價值, 才有重大發展(赤嶺、麥谷 1997; 殷 1998)。

基於考量以不傷害國寶魚, 能大量且迅速的處理、分析樣本為原則, 檢查鱗片推定魚齡, 通常是最優先被考慮使用的方法。同時由於多數研究者廣泛的採用年齡形質法, 而且鮭鱒魚類在此領域也研究多年, 亦累積可觀的數據和文獻, 為了比較和參考, 本研究亦採用年齡形質方法。由於有報告提出魚鱗的隆起線之形成深受水溫、水質、餌料等外部環境及魚群生理條件之影響, 為了提昇此方法的精確度, 本研究以雪霸國家公園 91 年度人工孵化飼養於固定溫度(14) 的台灣陸封鮭魚族群剛孵化到 12 個月大的仔稚魚為研究對象, 測量紀錄仔魚的體長、鱗片的大小、中心板徑(central plate radii; 鱗初生部分的大小) 及隆起線之數目(circuli number), 並調查其間的相關。

第二章 材料與方法

本研究配合雪霸國家公園 91 年度人工孵化飼養的台灣陸封鮭魚族群，每個月逢機採樣 30 尾養殖的台灣鮭魚。因為台灣鮭魚仔魚（授精後，daf; day after fertilization, 五個月至一齡魚）魚鱗很小（約 100-200 μm ）不易直接從體表拔取出完整之鱗片，因此以剪刀剪取一塊約 0.09 平方公分大小的皮膚組織及附著於其上的肉（圖 1），再用解剖刀去除附著在皮膚組織上的肉，再用鑷子將處理過後的附有魚鱗片之皮膚置入 10ml 微量離心管，並加入蒸餾水（水體覆蓋過魚皮即可）後，將微量離心管置入超音波機（Bransonic 5200, Danbury, CT, USA）中以 50Hz 頻率在室溫震盪 24 小時（圖 2）。以滴管吸取微量離心管中的懸浮液，滴在載玻片上於光學顯微鏡（Olympus BH-2, Tokyo, Japan）下觀察。如有完整、乾淨、清晰可辨的鱗片即蓋上蓋玻片製成樣品。另外亦嘗試將皮膚組織置於 100 沸水中煮沸三十分鐘。根據 Patterson 等（2002）之建議，把魚體表面分成 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J 等 10 個部位（圖 3），在每部位攫取三片魚鱗做成樣本並記錄之。

取部份洗淨之鱗片於臨界點乾燥後，鍍金（30nm），再於掃描式電子顯微鏡（Joel JSM-35, Japan）下觀察。其餘洗淨之鱗片則於光學顯微鏡之下分別以明視野、暗視野、相位差等不同的觀察技巧觀測。觀察後都拍下數位相片（圖 4），並於研究室的電腦以繪圖軟體（Photoshop, Adobe, USA）計算每片鱗片上隆起線的數目，測量鱗片大小與中心板徑的尺寸（圖 5）。隆起線數目的算法是以鱗片初生部分的中心板徑為第一條隆起線，再往外（上、下、左、右）四個方向紀錄其每個方向隆起線的數目（圖 6）。最後統計並比較所採樣的魚鱗樣本之後，分析隆起線的數目、鱗片和中心板徑的大小等資料與魚隻成長狀況的相關性，希望能找出魚鱗形質的規則。

第三章 結果與討論

第一節 結果

將剪取的台灣鮭魚的整塊皮膚組織置於沸水中煮沸，亦可達到去除魚皮獲取乾淨鱗片的效果，而且樣本處理的時間亦較短。但要非常小心，因為樣本在沸水煮沸的過程中導致的壓力不平衡，可能會爆開微量離心管的蓋子，導致鱗片溢出造成採樣失敗。因為使用沸水所以此法有危險性，故採用將微量離心管置入超音波中震盪的方法處理潔淨鱗片。

比較以光學（明視野、暗視野、相位差）顯微鏡（圖 4）和掃描式電子顯微鏡（圖 4）觀察鱗片所得的影像，發現掃描式電子顯微之鏡影像並沒有比光學顯微鏡提供更詳盡深入、解像力更佳、可供分辨的形質。因為以明視野光學顯微鏡觀察，就可以獲得本研究所欲探討形質（尤其是隆起線的數目）之資訊，而且其影像效果與掃描式電子顯微鏡所得的影像相距不遠，鑒於光學顯微鏡的觀察遠比掃描式電子顯微鏡簡易、方便、價廉、迅速，所以隨後觀察鱗片的實驗就完全以明視野光學顯微鏡的觀察為準。

剛孵化的台灣陸封鮭魚的體表沒有發現鱗片，鱗片要一直等到孵化後第四個月的樣本才陸續在脂鱗下方的側線發現非常薄薄的初生鱗。鱗序之發展由尾柄逐漸往體前半部前進。

鱗片的中心板徑和鱗片的尺寸，隨著體長之增長有大型化之趨勢（圖 7、8），但是鱗片的大小會因魚體體表部位之不同而不同（表 1、2、3、4；圖 9）。有些個體其鱗片甚至有畸形的現象。隆起線的數目一如鱗片的大小，亦隨著魚體體長之增長而有增加的趨勢，但其數目會因魚體之體表部位而異（圖 9），同一尾魚不同體表部位鱗片的隆起線數目不同、甚至同一體表部位不同的鱗片其隆起線數目也不同（表 1、2、3、4）。隆起線隨著鱗片之長大而逐漸不連續化，造成大片鱗片的中央部焦點會偏向側緣。

第二節 討 論

本研究以掃描式電子顯微鏡觀察魚類鱗片樣本時，由於鱗片樣本必須乾燥、鍍金；顯然樣本的製備比起光學顯微鏡樣本的製備是費工、耗時、而且昂貴。另外以掃描式電子顯微鏡做觀察時，電子顯微鏡必須有專人操作，而且要到貴重儀器中心登記，非常不便。在觀察台灣鮭魚仔魚鱗片隆起線數目方面，掃描式電子顯微鏡影像並沒有比光學顯微鏡提供更多資訊。

魚類的年齡、體長、體重的組成資料，是漁業科學家進行漁業生物學研究時不可或缺的資訊，因為透過這些資料，魚類生物研究人員才開始了解解開魚類族群的成長情形、死亡率、成熟年齡、生命週期之謎，方可進行下一步的魚類資源的評估和管理。年齡鑑定咸認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族群數量變動趨勢的基本依據之一。魚類的年齡主要依據生長時在鱗片、耳石以及各種骨骼組織上留下的輪紋標誌來鑒定。

魚類鱗片 (scale) 是覆蓋體表位於真皮 (dermis) 的硬組織，其主要功能之一是保護體表。骨鱗源自中胚葉真皮結締組織中的骨質層，和表皮細胞無關。鱗片前緣的骨芽細胞分泌骨基質促使鱗片往前成長，骨芽細胞則扁平化而後消失。鱗片上方的骨芽細胞則分泌形成隆起線，鱗片下方的骨芽細胞形成纖維芽細胞最後變成纖維層板。因此硬骨魚類之鱗片 (骨鱗) 是由外層堅硬的骨質層 (bony layer) 和內層的纖維層板 (fibrillary layer) 兩層構成，依形狀又可區分為表面光滑的圓鱗 (cycloid scale; 不具突起棘) 和表面有小棘 (cteni) 突起的櫛鱗 (ctenoid scale)。鮭魚的鱗片屬於不具突起棘的圓鱗。鱗片的後端露出於表皮，前端則潛入前一片鱗片之下，形成瓦狀重疊覆蓋體表。圓鱗的表面構造有骨質的線狀隆起叫隆起線，隆起線並非呈等間格分布，一般說成長條件良好時，兩條隆起線之間間隔較寬 (疏; 成長帶; growth zone) 代表蛋白質代謝活潑，骨芽細胞數多，骨基質量增，細胞補充旺盛。反之則間隔較窄 (密; 休止帶; resting zone)。鱗片是磷酸鈣結晶沉積而成的骨樣組織，由於尚未完全石灰化，具備排泄與儲藏鈣元素，維持魚類體內鈣元素恆常的功能 (赤嶺、麥谷 1997)。和其他硬組織 (耳石、骨) 相較之下，鱗片是比較容易被吸收的硬組織。

鱗片的再吸收是從露出體表的成長緣之骨質層側邊開始進行，再逐漸擴及纖維層板。擔任鱗片再吸收的細胞和形成鱗片的細胞相似，一般認為是由結締組織中的細胞分化而來。觀察金魚鱗片再吸收過程時可觀察到類似哺乳類具有多核的 15-30 μm 的巨大破骨細胞（鱗片吸收細胞）的出現（赤嶺、麥谷 1997）。

雖然魚類的鱗片是最早被當作推估魚類年齡之形質，但是其有效性（validation）卻常被質疑（Pannella, G. 1971；赤嶺、麥谷 1997；Beamish & McFarlane 1987；加藤 1996）。Beamish & McFarlane（1987）指出此方法的幾個盲點，因為以鱗片推估魚類的年齡，和以其他方法（耳石以及棘、脊椎骨、鎖骨、鰓蓋骨各種骨骼組織）推估魚齡的數據相較，往往有低估魚類年齡的情形；尤其對高齡魚之年齡的推估，特別明顯有偏差的現象。根據 Von Bertalanffy 等魚類生物學者發展的魚類成長方程式，魚類會隨著魚齡的增加，逐漸有成長遲鈍、減緩的趨勢。高齡魚由於接近體長的極限（極限體長），因此成長尤其停滯遲緩。然而魚齡每個年輪之輪紋，是由活潑的季節和停滯的季節所構成的一個年週期，因此高齡魚之成長一旦停止，年輪就無法形成，從而造成低估魚齡之現象（赤嶺、麥谷 1997）。另外一個原因是鱗片是保護魚類體表的組織，同時也具有儲藏鈣元素的功能。一旦魚類體內的鈣濃度不夠時，例如在成熟期和飢餓狀態，魚類會由石灰化的部分包括鱗片，行再吸收作用（赤嶺、麥谷 1997）。加藤（1996）發現在日本櫻鮭的產卵種魚的鱗片邊緣，在產卵期時會因為鱗片再吸收作用而鱗片變小，使得年齡的判斷變得十分困難。因此因魚種的不同，到達其成熟年齡之後，利用魚鱗來推估魚齡往往不可信也不可靠（Pannella, G. 1971；赤嶺、麥谷 1997；Beamish & McFarlane 1987；加藤 1996）。比較數種魚種年齡鑑定法，科學家發現在底棲魚類的例子，魚鱗鑑定法尤其有明顯低估的現象（Pannella, G. 1971；赤嶺、麥谷 1997；Beamish & McFarlane 1987；加藤 1996）。魚鱗的隆起線是魚類個體成長過程中極重要的形質之一，實際應用時往往碰到年輪不易確認的問題，尤其是高齡魚類具有偽年輪，使年齡的判定益發困難。加藤（1996）也指出鮭魚類鱗片的隆起線之形成有變異，單靠其數目和間隔不易推斷其魚齡。因此必須和個體標記放流追跡調查並用，互相對照才有辦法提高以隆起線推定魚齡的方法。本研究亦發現隆起線的數目會因魚體之體表部位而異（圖 9；表 1、2、3、4），而且同一尾魚不同體表部位鱗片的隆起線數目不同、甚至同一體表部位不同的鱗片其隆起線數

以鱗片和鱗序推論台灣櫻花鉤吻鮭魚類年齡和成長

目也不同(圖 9;表 1、2、3、4)。大熊(1991)研究調查日本櫻鮭成魚體表 41 個部位的鱗相也得到相同的結論。因此以鱗片的形質來推估台灣陸封鮭魚仔魚之年齡要十分留意,是非常值得商榷的。

田口(1966)指出鮭魚在體長 37-50mm 時長出初生鱗,初生鱗是區分稚魚期和幼魚期的指標。其他鮭科如櫻鮭的初生鱗發現於 36-42mm 體長的仔稚魚,樺太鮭等在體長 41.2~41.57mm 首現初生鱗(大熊 1991)。初生鱗的出現位置(部位)亦因魚種而異,鮭科初生鱗多在介於背鰭和脂鰭之間的側線附近。香魚鱸魚卻在尾柄部,鯉魚則在軀幹前部(松原 1979)。大熊(1991)發現日本櫻鮭的初生鱗在脂鰭或脂鰭和尾柄部中間的側線附近首先形成,本研究也有類似的結論。在孵化後約四個月的養殖的台灣陸封鮭魚才會開始出現薄薄的初生鱗。養殖的台灣陸封鮭魚 4 個月大的仔魚由於體長的分布相當分散(郭未發表之數據),因此很難用體長來判斷及預測初生鱗的形成時間。

自從 18 世紀以來,鱗片就是解析魚類資源的重要工具,然而論及鱗片等硬組織和輪紋的形成機制等基礎研究卻鳳毛麟角,魚類年齡鑑定的技術、方法和理論之完備是在 21 世紀才有重大進展,因此在年齡鑑定領域,可以說是應用研究一馬當先,鑑定方法的基礎理論不足(赤嶺、麥谷 1997)。例如魚類鱗片上同心圓和隆起線所代表的真正意義尚未明白,因此有必要研究鱗片輪紋形成的週期性研究,例如在魚體注射四環素等色素進行標記放流,待一段時日後,再度撈捕魚隻觀察四環素等色素在鱗片上所形成的紋路和輪紋數目,判斷輪紋形成的週期(赤嶺、麥谷 1997)。此外又由於魚類鱗片具有容易由體表脫落、名詞定義標準不一、同一尾魚會因採集體表部位不同而異、容易混入其他個體之樣本、偽鱗、再生鱗、鱗片會再吸收、鱗片的成長不遵守等比例成長規則等缺點,因此由魚類鱗片逆推算(back-calculation)出的魚類體長往往不夠準確(赤嶺、麥谷 1997)。

自從 Pannella 於 1971 年在 Science 發表魚類耳石的日周輪構造論文以來,由於耳石是高度鈣化的碳酸鈣(不同於鱗片和骨組織的磷酸鈣,有機基質約 40~60%)的外胚葉硬組織(有機基質約 1~5%和牙齒一般硬),沒有再吸收的現象(對代謝不活化),耳石的輪紋始於魚隻的孵化階段,魚體停止成長時耳石仍會繼續成長,高度的提昇鑑定魚類年齡的精度,堪稱是魚類年齡鑑定的技術革命(赤嶺、麥谷 1997)。耳石除了準確的提供魚類年齡的訊息之外,沉

積於其中的微量元素也可以告訴我們當時魚隻所處週遭的生態條件。自從 1980 年代以後利用耳石解析魚類年齡的研究報告數目遠遠超過使用其他方法（鱗片、棘、脊椎骨、鰓蓋骨等各種骨骼組織）的研究報告數，耳石的國際研討會也已進行 3 次，目前已儼然是世界上研究者公認鑑定魚類年齡的主流（赤嶺、麥谷 1997）。未來鑑定台灣鮭魚魚隻之年齡應該也要朝調查耳石日周輪的方向積極進行研究才是。根據我們初步實驗的結果，我們也發現台灣陸封鮭魚仔魚的耳石也表現有類似日周輪的紋路（圖 10；林、郭未發表之數據）。但一片耳石居然含數個核心，有超過一個核心的現象，值得進一步探討。麥谷（1988）研究虹鱒耳石日週期形成之規律時亦發現虹鱒耳石首次出現的大約時間是在發眼期的耳胞，起初也呈複數核（primodium）隨後集中形成耳石的中心部。

鈣化組織的成長深受環境條件的影響。由於同物種的相近族群（stock）間存在著鱗片形狀有差異的事實，暗示鱗片的某些形質是由遺傳因子控制。Muskeellung、北方梭子魚（northern pike）和其雜交種（Muskeellung x 北方梭子魚）三種魚的鱗焦（scale focus）和再生鱗（regenerate scale）之形狀都呈現著種的特異性（species-specific）更證實此項推論（Casselmann et al., 1986）。

謝 言

衷心感謝內政部營建署雪霸國家公園管理處提供研究經費，實驗期間承蒙雪霸國家公園管理處林處長、保育課課長、于淑芬小姐等諸君，武陵農場養殖現場的廖林彥君提供各項協助，本研究才得以完成。日本朋友（太田博巳、加藤禎一）、台灣大學獸醫系鄭穹翔君及養殖系系友林世寰君提供的建言、友情演出和技術指導和援助，使得本研究更有可看性，在此一併誌謝。研究進行期間的辛酸亦教我銘記在心。

主要參考文獻

- Ambrose, J. Jr. 1983. Age determination. 301-322. In: Fisheries Techniques. Nielsen, L.A. & Johnson, D.L. (eds.), American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Beamish, R.J. and McFarlane, G.A. 1987. Current trends in age determination methodology. 15-42. In: The Age and Growth of Fish. Summerfelt, R.C. & Hall, G.E. (eds.), The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Kaeriyama, M. 1989. Comparative morphology and scale formation in four species of *Oncorhynchus* during early life. Japan J. Ichthyol. 36:445-452.
- Kuusipalo, L. 1998. Scale morphology in Malawian cichlids. J. of Fish Biol. 52:771-781.
- Pannella, G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. Science. 173:1124-1127.
- Patterson, R.T., Wright, C., Chang, A.S., Taylor, L.A., Lyons, P.D., Dallimore, A. and Kumar, A. 2002. Atlas of common squamatological (fish scale) material in coastal British Columbia and an assessment of the utility of various scale types in paleofisheries reconstruction. Paleaeontologia Electronica 4(1):88.
- Summerfelt, R.C. and Hall, G.E. 1987. The Age and Growth of Fish. The Iowa State University Press.
- 田口喜三郎 1965. 太平洋サケ、マス資源とその漁業。恆星社厚生閣。890pp.
- 赤嶺達郎、麥谷泰熊 1997. 水産動物成長解析 - 水産學シリ - ズ 115。日本水産學會 恆星社厚生閣。
- 麥谷泰雄 1988. 魚類耳石の日週期形成リズム。羽生 功、田火田滿生 1988 水産動物の日週期活動 水産動物成長解析 - 水産學シリ - ズ 69。日本水産學會 恆星社厚生閣。
- 福若雅章 1997. Structure and formation of fish scale and scale pattern analysis. 魚と卵. Tech. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery 166,45-52.
- 大熊一正 1991. Differences in Scale Characteristics Taken from Various Part of Masu Salmon, *Oncorhynchus masou* (Brevoort) and its Scale Development. Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery 45,35-46.
- 大熊一正、真山 紘 1984 サクラマスの成長と鱗相に関する研究。1、淡水生活期の鱗相と年齢。さけますふ研報 38:25-32.
- 加藤禎一 1996. Relationship between the Growth of Juvenile Masu Salmon (*Oncorhynchus masou*) and the Circuli Number, Scale and Central Plate Radii. Bull. National Research Institute Aquaculture 25,1-15.
- 殷名稱 1998 魚類生態學。水産出版社。基隆、台灣。
- 曾晴賢 2001. 櫻花鉤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九十年研究報告。34 頁。

表 1、同一部位的 3 片鱗片，每片鱗片其4個軸長（左、右、上、下）的隆起線數目（最小和最大值）

鱗片	部位	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	輪數										
1	最大值		4	4	4	3	4	6	5	2	4
	最小值		6	5	5	4	6	7	5	2	4
2	最大值		5	4	3	4	4	4	5	4	5
	最小值		6	5	4	4	5	5	6	5	6
3	最大值		3	4	2		5	3	4	4	3
	最小值		4	5	2		3	3	4	5	6

表 2、 統計同一部位的3片鱗片，其4個軸長(左、右、上、下) 隆起線數目之頻度

部位 隆起線數 目	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2					2					
3		2		6	10					
4		9	2	3		2			1	2
5		1	9	3		7	2		8	7
6			1				4	5	3	3
7							6	4		
8								3		

表 3、同一部位的 3 片鱗片，此 3 片鱗片其上、下、左、右軸之隆起線數目（最小和最大值）

部位 隆起線數目	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
左長軸		3	4	3	4	3	3	4	2	4
		6	4	4	4	4	6	5	5	5
右長軸		4	4	2	3	3	3	4	2	4
		6	4	4	4	5	7	5	5	6
上長軸		4	4	2	4	3	3	4	2	4
		6	5	4	4	5	6	6	5	6
下長軸		4	5	2	3	3	3	4	2	4
		6	5	5	4	6	6	5	5	6

表 4、 同一部位的 3 片鱗片，每片鱗片其長軸和短軸的長度 (μm)

部位 長度		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	長軸		15	14	12	18	19	24	17	15	19
	短軸		16	13	11	11	11	14	11	13	13
2	長軸		14	13	19	18	24	21	20	21	19
	短軸		13	10	20	14	16	14	15	13	13
3	長軸		13	14	15		15	20	19	21	25
	短軸		11	12	14		11	10	13	12	18

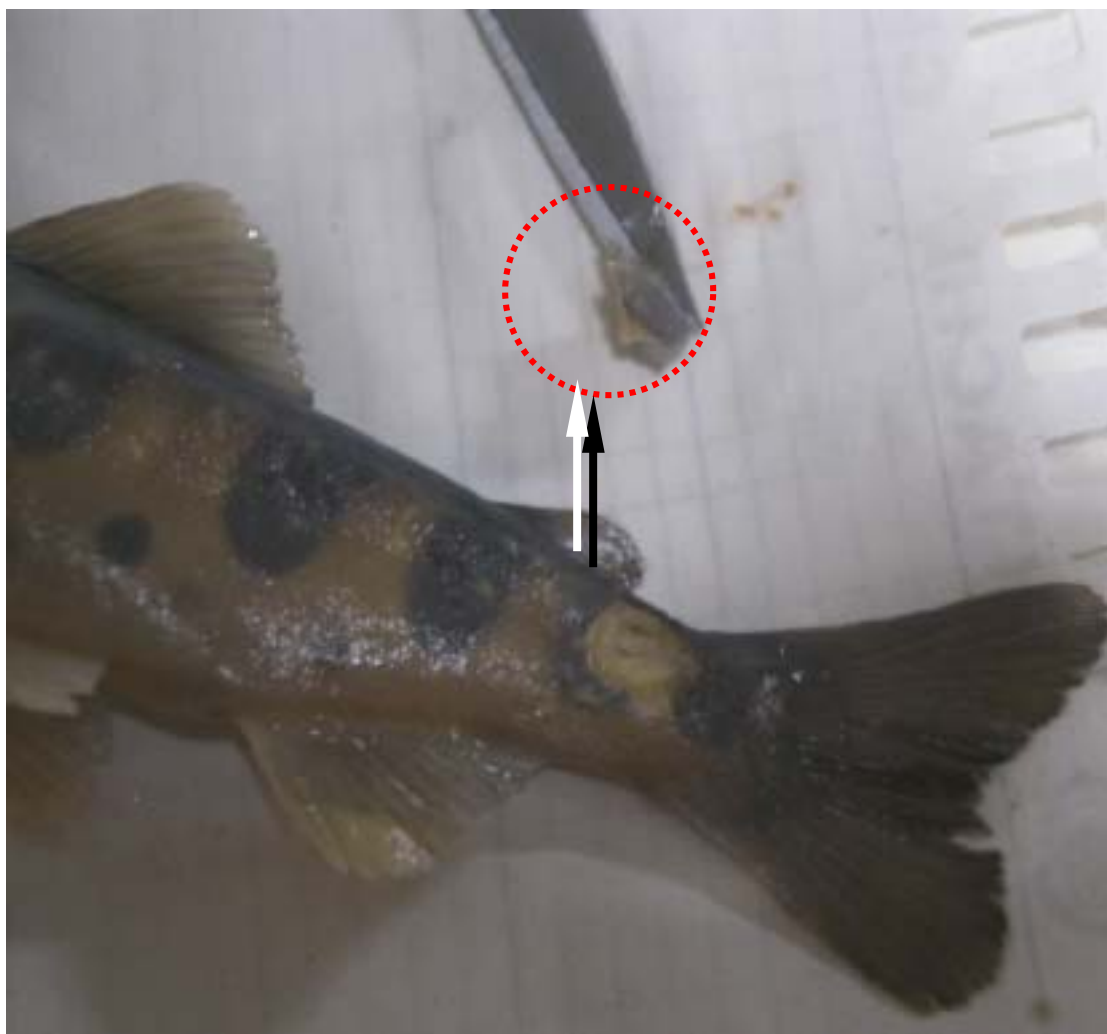


圖 1、採集、分離肌肉和附有鱗片之皮膚



圖 2、超音波分離、清潔鱗片，並置於玻片上等待鏡檢

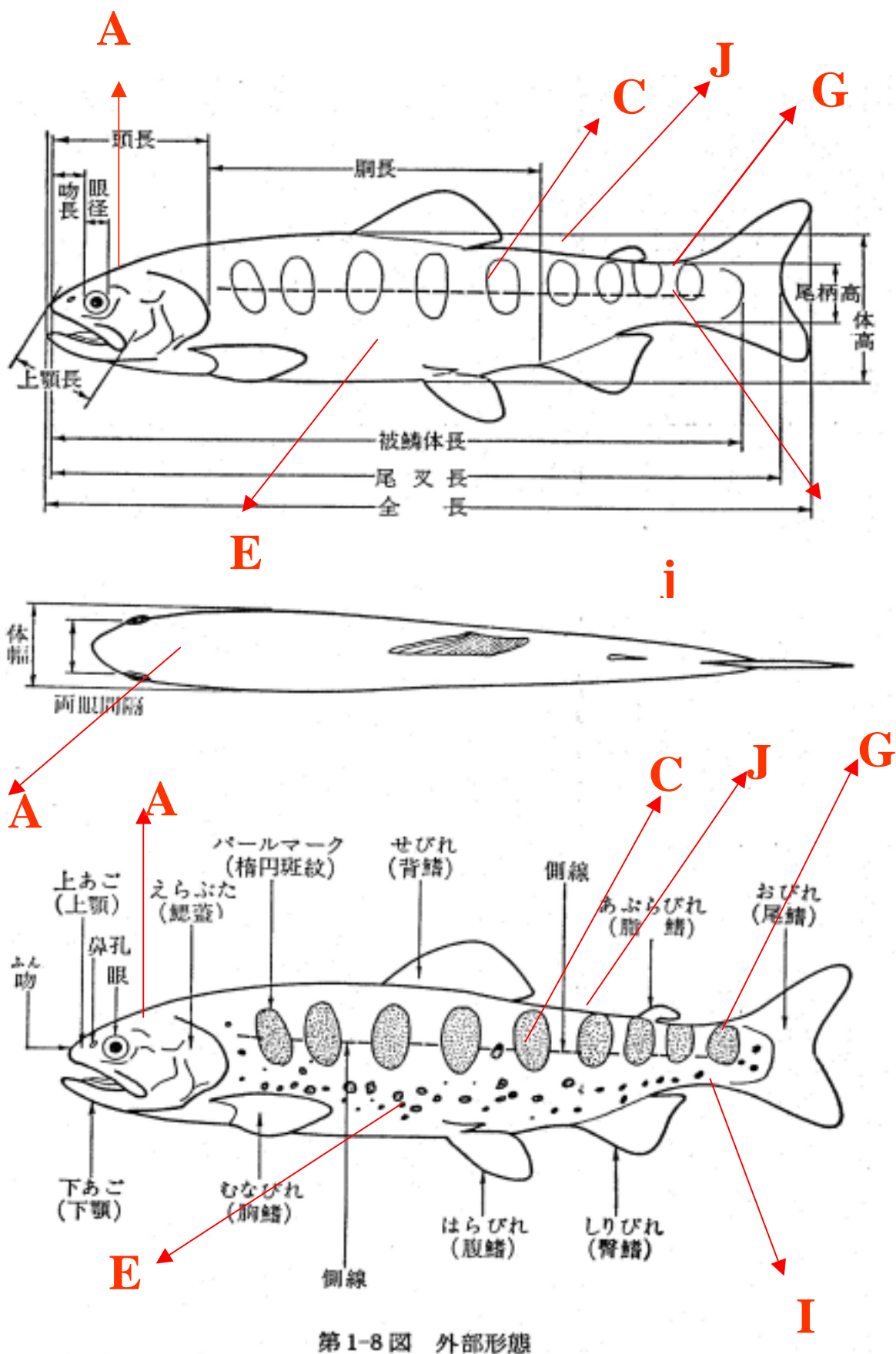


圖 3、本研究採集鱗片的10個 (A、B、C、D、E、F、G、H、I、J) 體表部位

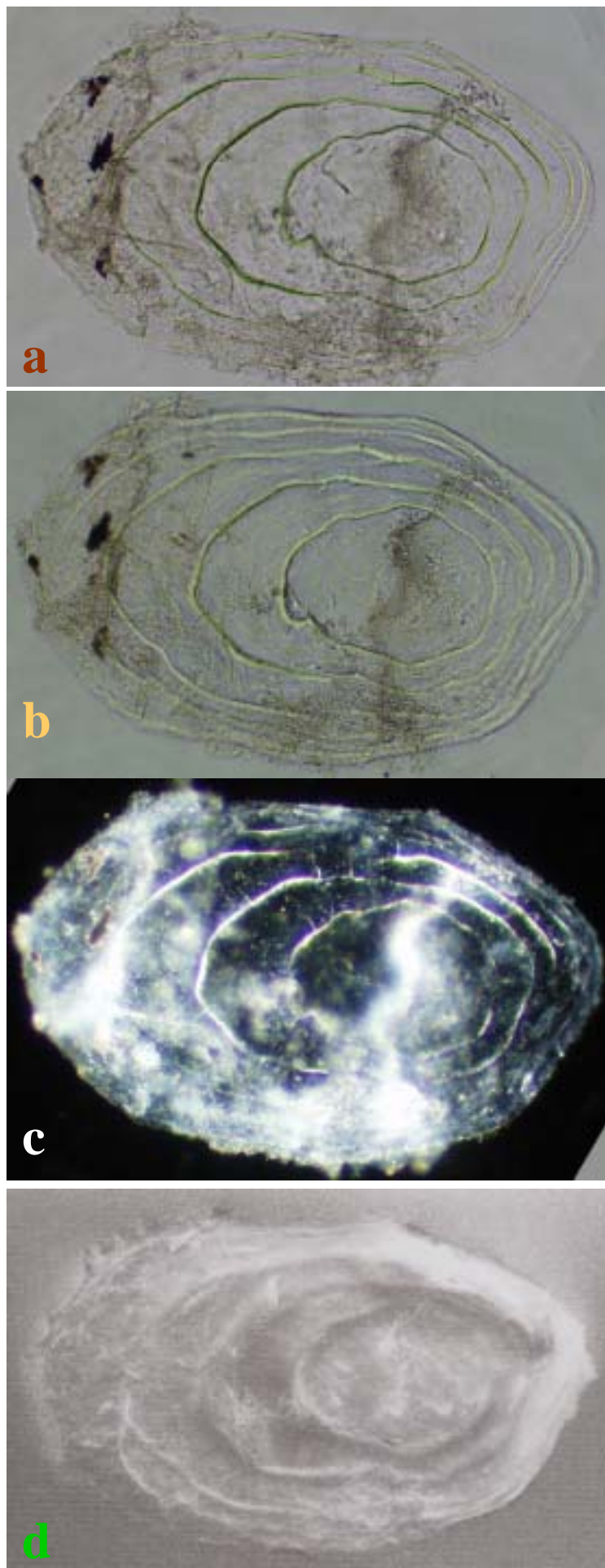


圖 4a、以4種顯微鏡觀察技巧檢查魚鱗並評比此4種方法 a：明視野 b：像位差 c：暗視野 d：掃描式電鏡

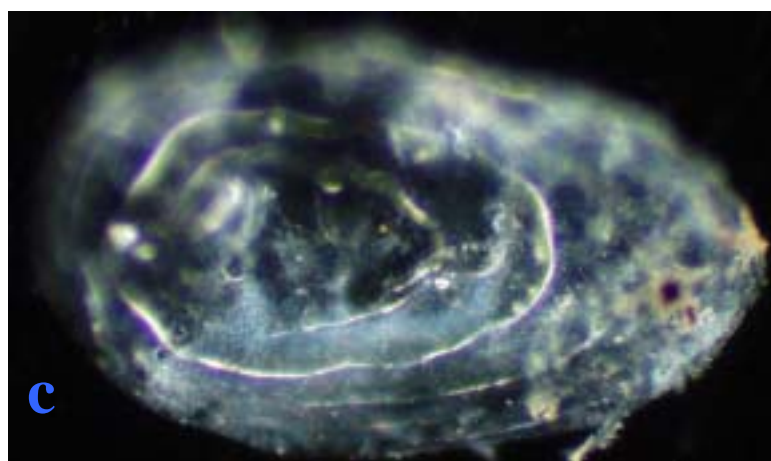
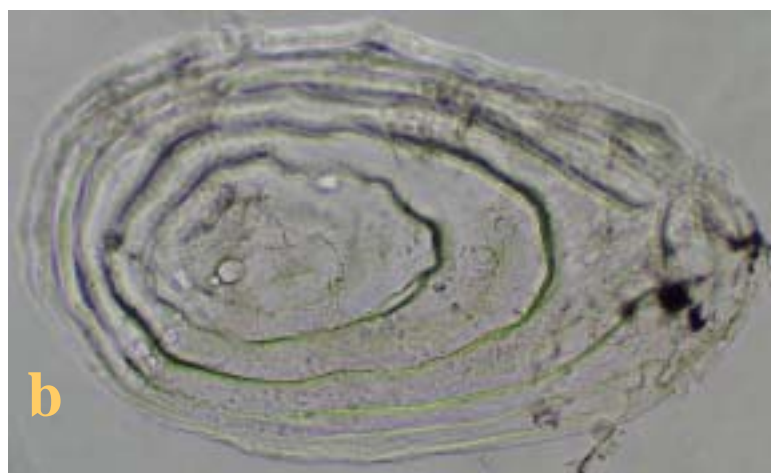


圖 4b、以4種顯微鏡觀察技巧檢查魚鱗並評比此4種方法 a：明視野 b：像位差 c：暗視野 d：掃描式電鏡

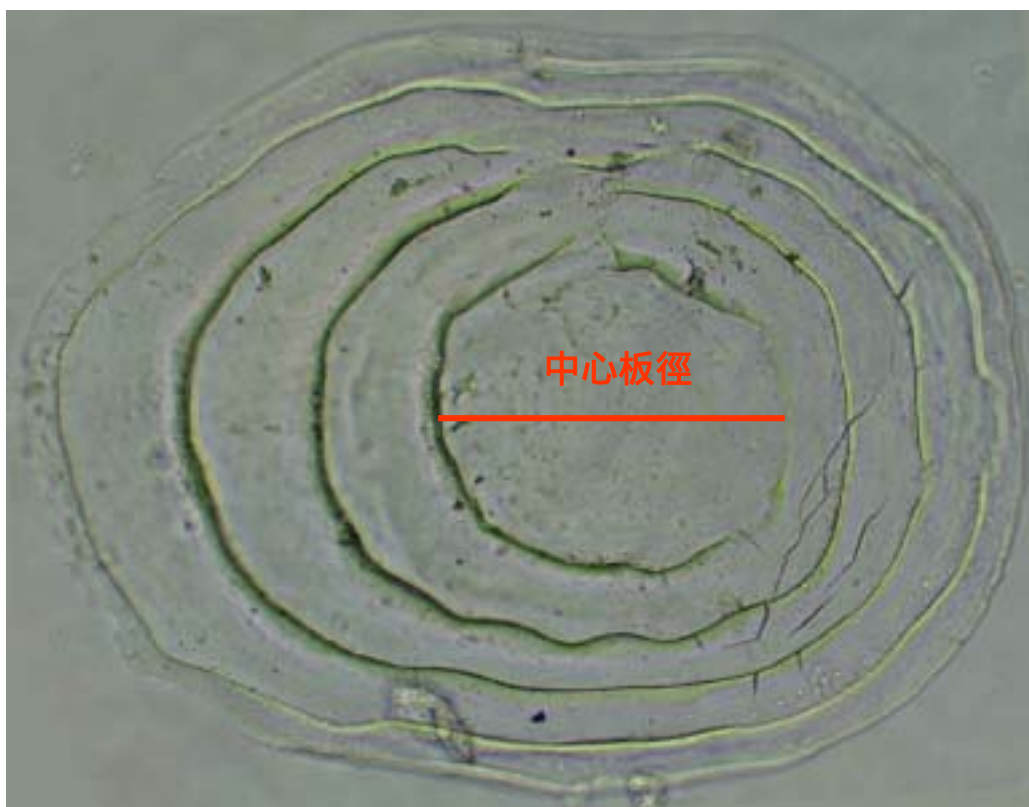


圖 5、台灣陸封鮭魚鱗片之中心板徑。鱗片之全長約 50 μm

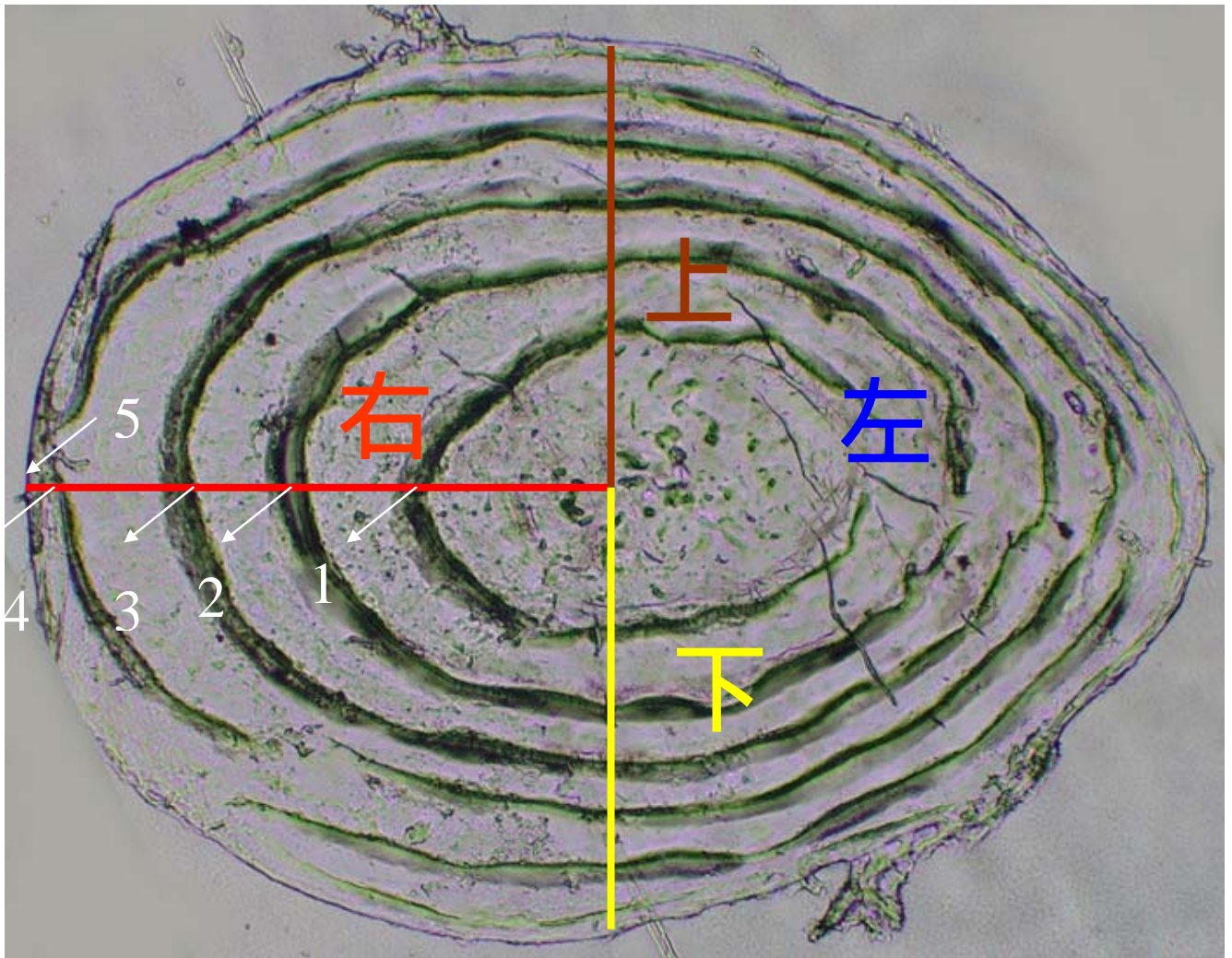


圖 6 、以鱗片之中心板徑為基準，計算上下左右4個軸長的隆起線數目及長度。

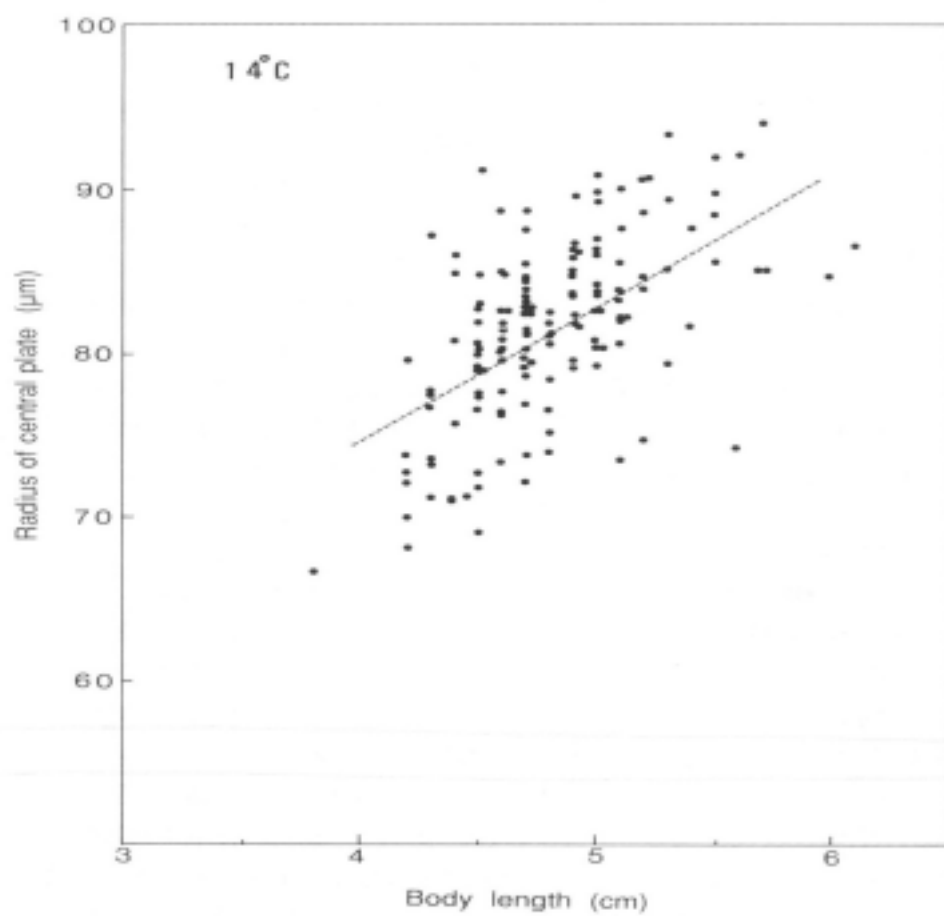


圖 7、鱗片中心板徑的尺寸，隨著體長之增長有大型化之趨勢

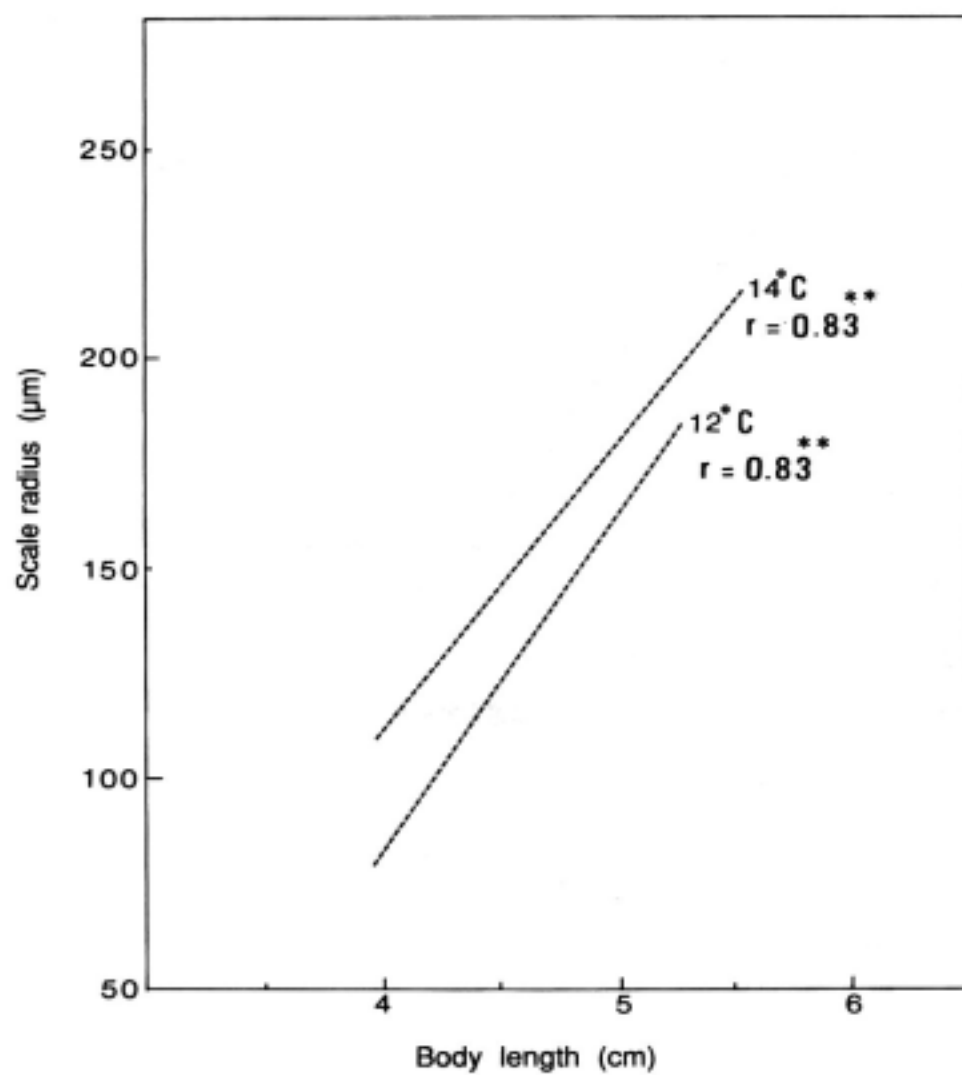


圖 8、鱗片的尺寸和體長的關係

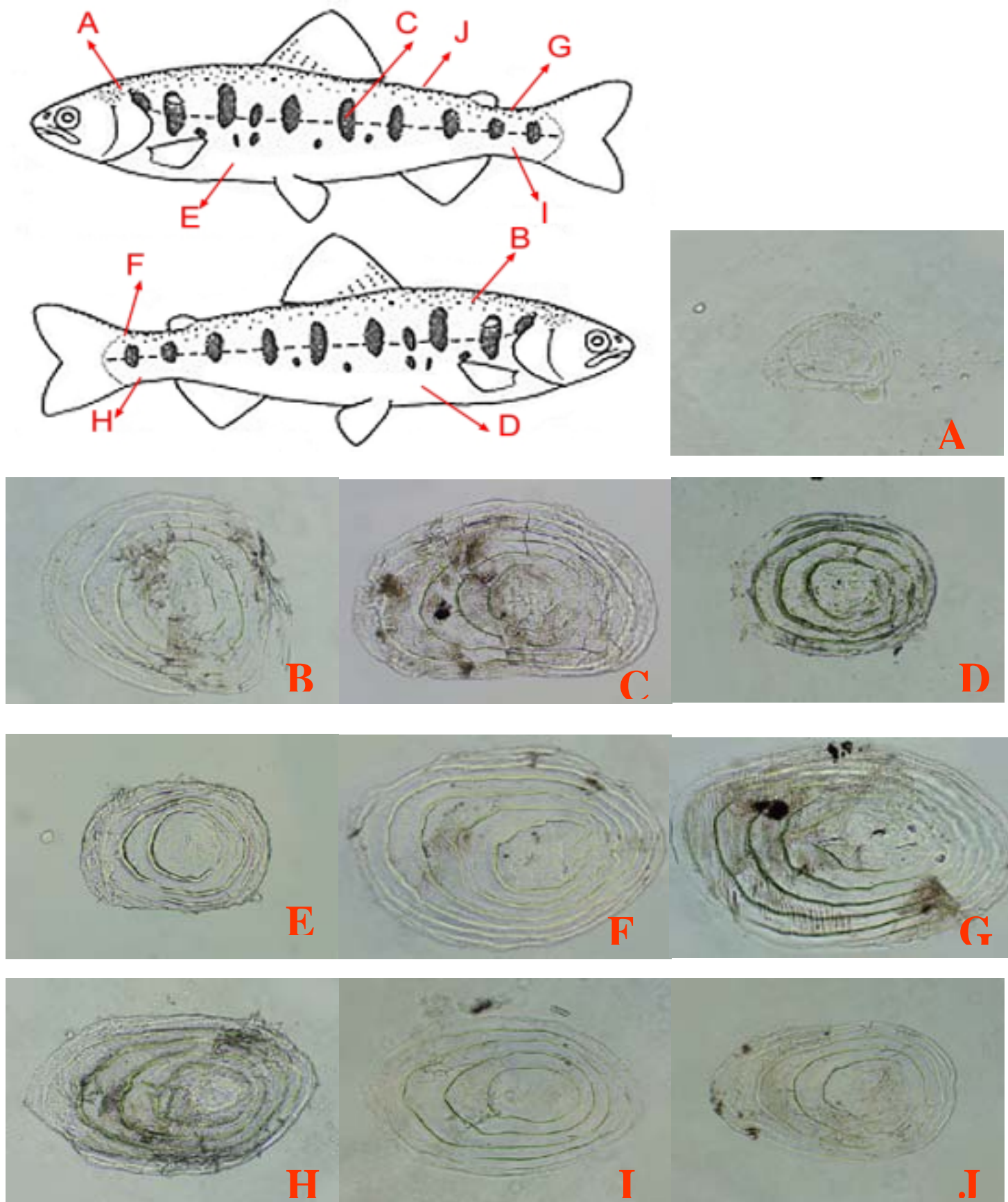


圖 9、同一尾魚不同體表部位鱗片的鱗片大小和隆起線的數目

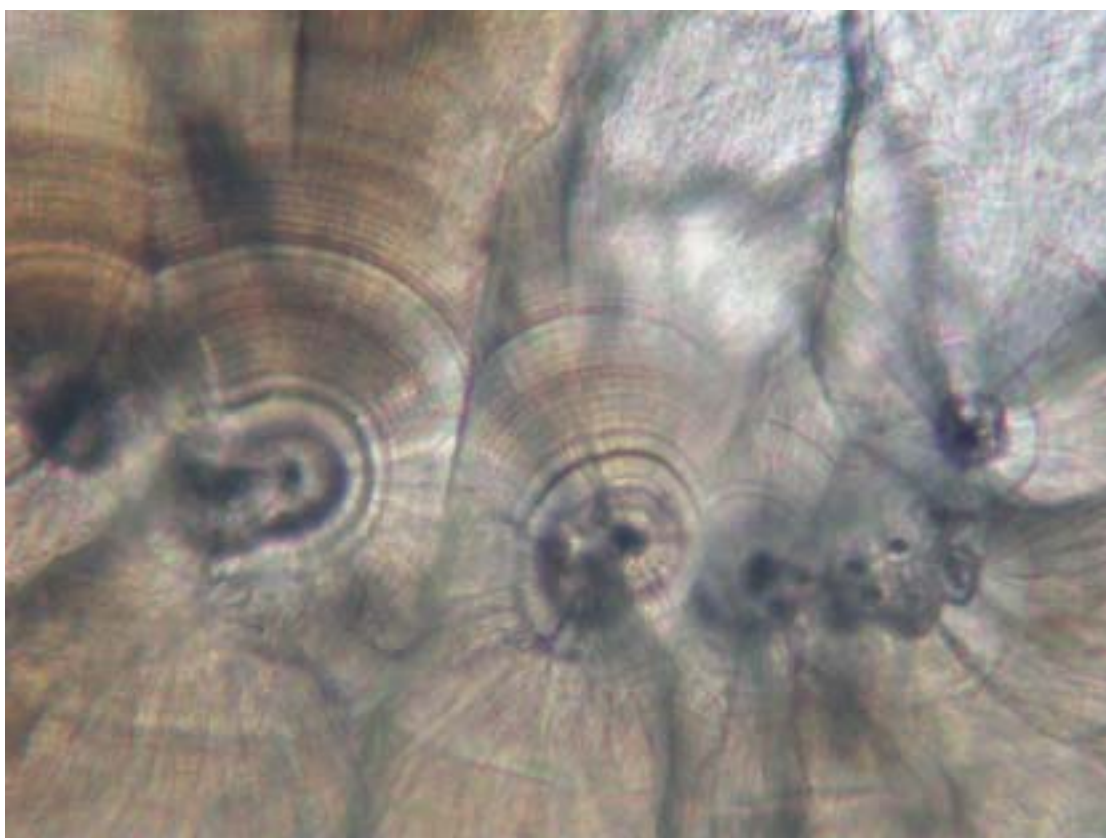
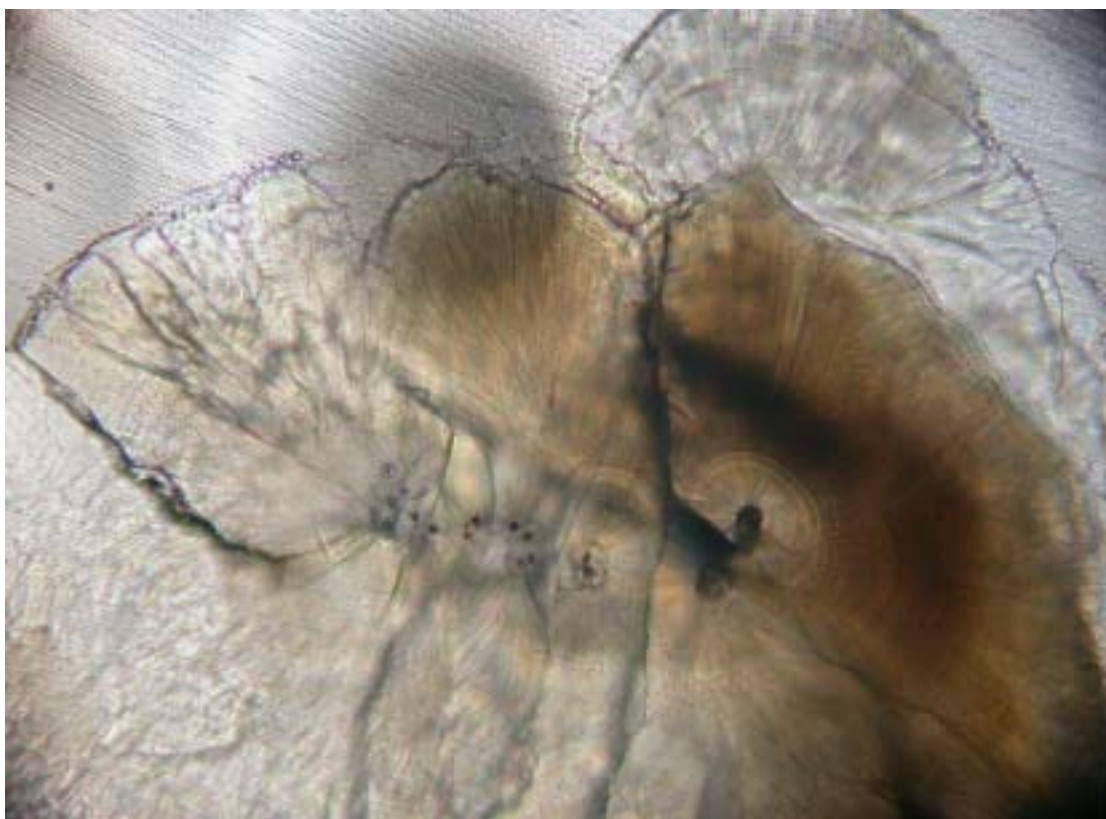


圖 10、耳石有多個核心，不同的核心，有不同的起點。