



澎湖周邊海域日本銀帶鯡生殖發育研究初探

鄭力綺、吳伊淑、何珈欣、翁進興

水產試驗所沿近海漁業生物研究中心

前言

日本銀帶鯡 (*Spratelloides gracilis*) 俗稱丁香魚，係一種小型的中表層洄游性魚類，棲息於瀉湖及面海礁區，具群游特性，大多以矽藻、橈足類及其他小型無脊椎動物等浮游生物為食，廣泛分布於印度至西太平洋的熱帶及溫帶海域。在臺灣地區分布於臺灣本島及澎湖群島周邊海域，生殖季節或索餌時會洄游至沿岸海域 (Lewis et al., 1983; Whitehead, 1985; Weng et al., 2005)，卵具黏性可附著於泥沙、海藻及海草枝上，偶爾可見於珊瑚礁區 (Dalzell, 1985; Ozawa, 1989)。

該魚種在索羅門群島、巴布亞紐幾內亞等熱帶海域常作為鮪類漁業重要的餌料生物 (Milton et al., 1990; Daly and Richardson, 1980, Milton et al., 1991; Blaber et al., 1990)；在日本 (Shirafuji et al., 2007)、臺灣則屬重要的經濟性食用魚，主要漁法包括刺網、扒網、圍網及巾著網。根據漁業統計年報，澎湖縣總漁獲量 99% 以上位居最高。因其年產量自 1994 年的 1,100 公噸遽降至 1997 年 500 公噸，為使該漁業得永續發展，參考當地漁民過往捕撈經驗，澎湖縣政府於 1999 年訂定每年 5 月 1 日至 6 月 1 日為日本銀帶鯡禁漁期。在現行法規頒布後，其產量曾自 2000 年 638 公噸增加至 2007 年的 1,022 公噸，然近年來除因進口漁獲競爭、從業年齡

人口老化致作業漁船數遽減外，受高度漁獲壓力、棲地環境改變及全球暖化等影響，漁獲量自 2008 年後仍大幅下降至 2021 年的 79 公噸。為此，本研究將整合水文環境數據、漁撈日誌及生殖生物學等分析資料，瞭解該魚種生殖期現況，供漁政管理單位參考。

材料與方法

一、標本採集

自 2021 年 9 月至 2022 年 9 月按月向當地標本船隨機採樣 1—2 次，每船各採 10 kg/次，並依據標本船按日填寫漁獲報表及 VDR 資料，藉以統計漁場位置變動情形，採樣範圍如圖 1。樣本按月隨機抽樣後予以編號，量測尾叉長 (mm)、體重 (g)，同時取出生殖腺並秤量 (g)。生殖腺使用 10% 福馬林保存，作為後續組織切片、孕卵數估算及卵徑測定用。體長、體重相關性分析及月別成長變動情形，首先以雌、雄魚個別分析，再以 Wilcoxon rank sum test、Kruskal-Wallis test (K-W test) 檢定性別間成長差異，以 10 mm FL 為級距繪製月別體長頻度分布圖，其體長、體重關係式為 $BW = a \times FL^b$ ，BW 為體重 (g)，FL 為尾叉長 (mm)，a、b 為參數。

二、生殖發育分析

性比以雌魚佔總樣本數比率計算，性比 (%) = 雌魚數量 / (雌魚數量 + 雄魚數量) ×

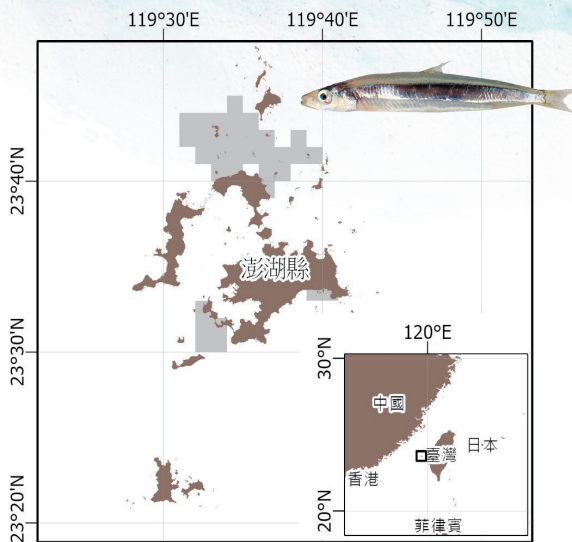


圖 1 本研究日本銀帶鰺採樣範圍

100%)，同時進一步分析月別性比變化。

生殖腺發育測定採生殖腺指數 (GSI) 計算， $GSI (\%) = \text{mass of gonad (g)} / \text{fish mass (g)} \times 100$ 。魚類在生殖季節中卵巢各部位發育可能有差異，必需檢定其同質性。首先隨機採取 5 尾魚，每尾魚之卵巢分成 6 個部位進行，各部位採 0.05 g 進行卵徑測量及卵粒計算，再以雙向變方分析法 (two-way analysis of variance) 檢定，發現同一樣本各卵巢部位間無顯著差異 ($n = 30$)，但同部位不同個體間有顯著差異 ($p < 0.05$)。因此隨機採取卵巢任何一部位均可代表整幅卵巢之發育狀況，為求一致性，因此本研究統一選用左葉中間部位作採卵分析。

由生殖腺外觀型態再配合組織切片觀察，將生殖腺發育分為未成熟 (immature)、成熟中 (mature)、已成熟 (matured) 和排完卵 (spent) 等四個階段，分別計算各月別不同性成熟階段百分比，作為判定生殖期的依據。未成熟階段為染色質核仁期及周邊核仁

期，成熟中階段為卵黃胞期至第三級卵黃期，已成熟階段為核仁移動期及完熟期，排完卵階段則有產後濾泡。一般而言，雌魚卵巢成黃色且卵呈半透明狀為已成熟階段 (Zeller et al., 1997)，雄魚則由體內取出鼓脹之精巢，用手指擠壓時有精液流出者，即判定為成熟魚。另孕卵數 (fecundity)、產卵數 (batch fecundity) 估算，隨機採取卵巢 0.05 g，計算卵徑 0.1 mm 以上之卵粒數 $\times$ (卵巢重 / 0.05 g 卵重) 推估整幅卵巢的卵粒數，並參考 Kawasaki et al. (1985) 以在生殖季節內達產卵前期之成熟卵粒數作為產卵數。

性成熟體長依生殖季節中不同體長之成熟魚比例 (Murua et al., 2003) 進行判定。如在卵巢中發現第三卵黃期、核仁移動期或觀察到透明卵，則可定義該個體已達性成熟 (Arocha and Barrios, 2009)。當成熟魚比例達 100%，其對應之體長為性完全成熟體長。50% 性成熟體長估計係利用 logistic 曲線公式： $Pr = 1 / (1 + e^{-(a + b FL)})$ ，以 $Pr = 50\%$ 代入式中估算，其中 Pr 為成熟率 (%)， FL 為尾叉長 (mm)， a 、 b 為參數 (Kimura, 1980)。

三、耳石製備與輪紋判讀

日本銀帶鰺耳石具有 3 對，本研究以體積最大的矢狀石 (sagitta) 作為輪紋判讀基準。自魚體頭部移除頭蓋骨及腦部組織後取出耳石，以 5% 雙氧水及去離子水潤洗，去除上方附著的有機物。洗淨的耳石以內側朝下、放入包埋版中，注入調配好的環氧樹脂及硬化劑進行包埋。待其乾燥後，以 P2400 磨砂紙研磨、拋光至核心。研磨後之耳石切片置於顯微鏡下方觀察、拍攝，參考 Milton et al. (1991)，該魚種日輪形成週期為 1 輪/日。

依此為據，針對輪紋結構進行日輪判讀，並推算其孵化日期與日齡組成，藉以整合探討該魚種生殖高峰期。

四、水文資料收集與分析

依據美國國家海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) ERDDAP 數據服務器自衛星、浮標等集結之海洋科學數據，彙整、分析研究海面水溫時序性變化，以探討日本銀帶魷生殖期與周邊生態環境之關聯性。

結果

一、體長組成

本研究共採得標本 5,305 尾 (雌魚 2,164 尾、雄魚 3,000 尾、幼魚 141 尾)，體長為 17.7—83.3 mm。雌魚體長與體重關係式為 $BW = 4 \times 10^{-6} FL^{3.16}$ ($r^2 = 0.94$, $n = 2,164$, $p < 0.05$)；雄魚為 $BW = 4 \times 10^{-6} FL^{3.14}$ ($r^2 = 0.95$, $n = 3,000$, $p < 0.05$) (圖 2)，不同性別間成長有顯著差異 (maximum-likelihood test, $p < 0.05$)。在體長頻度分布上，25—50 mm 的年輕系群出現於 2021 年 9—11 月及 2022 年 5—9 月，1—4 月主要由 60—80 mm 成魚組成 (圖 3)。

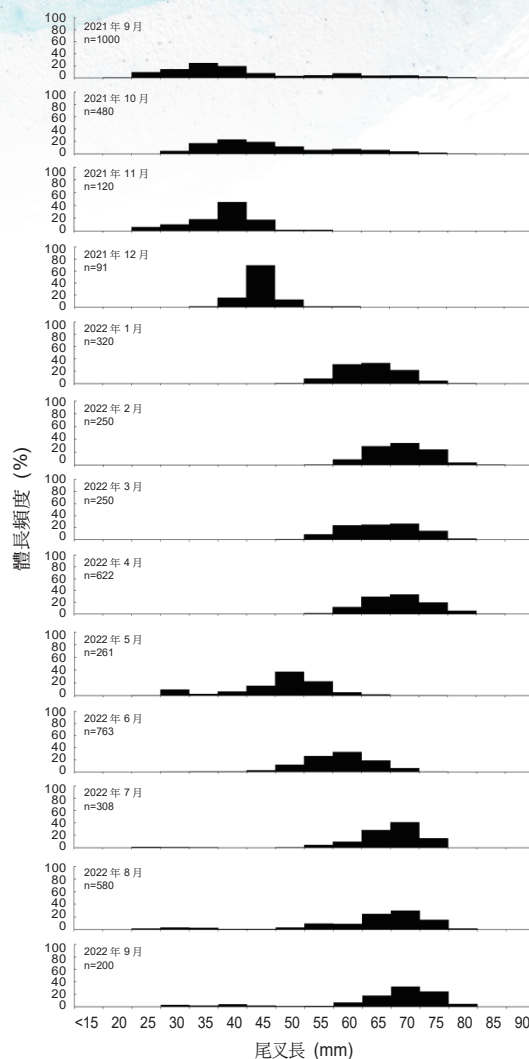


圖 3 2021 年 9 月至 2022 年 9 月日本銀帶魷月別體長頻度分布情形

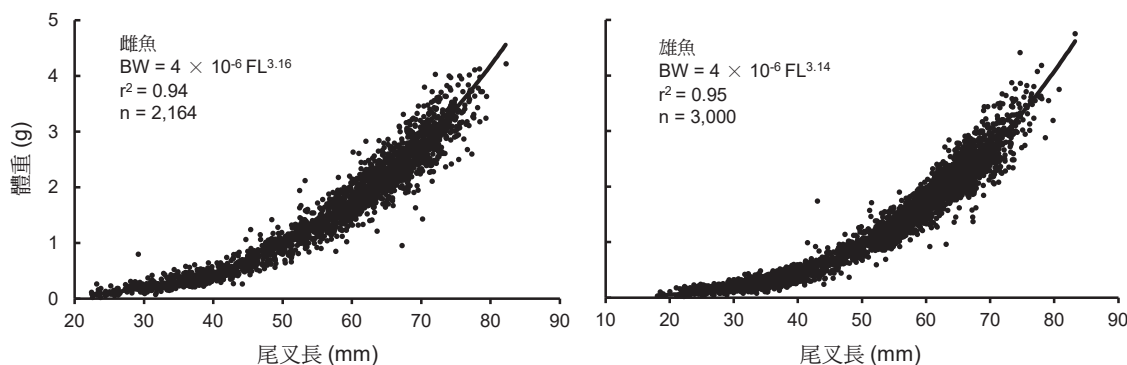


圖 2 日本銀帶魷雌、雄魚體長與體重分布情形



二、性比與性成熟體長估算

日本銀帶鯡性比為 0.41，檢定結果有顯著差異 ($p < 0.01$) (表 1)。各月間，2021 年 9—11 月及 2022 年 5—6 月性比與 50% 有顯著差異，並在 2022 年 4 月達最高值 (0.48)。以邏輯曲線分析不同體長級距下性成熟比例與體長相關性，雌魚為 $Pr = 1 / (1 + e^{6.06 - 0.1045 FL})$ ($n = 1,528$)，50% 性成熟體長為 58 mm；雄魚為 $Pr = 1 / (1 + e^{4.876 - 0.0885 FL})$ ($n = 2,172$)，50% 性成熟體長為 55.1 mm (圖 4)。

三、生殖期推估

雌魚生殖腺指數 (GSI) 在 2021 年 9 月開始大幅下降並維持低值至翌年 3 月，於 4 月大幅增加至最高值 (6.9)，於 5 月微幅下降

後，6—9 月則近似持平 (4.3—4.9)。雄魚 GSI 於 2021 年 9 月下降，10 月至翌年 3 月維持低值，於 4 月大幅增加並達最高值 (8.9)，6—9 月則於 5.0—6.2 間變化 (圖 5)。

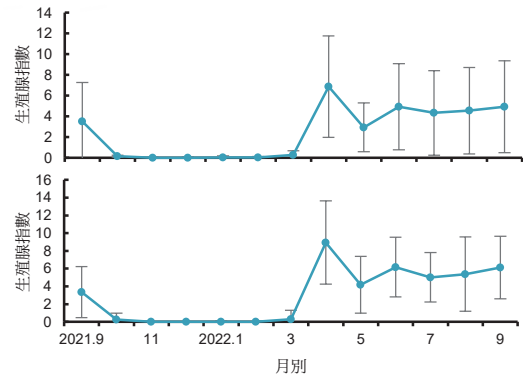


圖 5 2021 年 9 月至 2022 年 9 月日本銀帶鯡雌、雄魚生殖腺指數月別變化趨勢圖

表 1 2021 年 9 月至 2022 年 9 月日本銀帶鯡平均體長、性比及採集海域月均溫

月別	尾數	平均體長 (mm)	雌魚尾數	雄魚尾數	性比	性比 p 值	月均溫
2021							
9	1,000	39.22±13.36	340	651	0.34	< 0.01	28.53±0.48
10	480	44.60±11.82	188	292	0.39	< 0.01	27.56±0.29
11	120	36.12±5.68	45	75	0.38	< 0.01	25.18±0.36
12	91	42.61±3.15	43	48	0.47	0.60	23.78±0.45
2022							
1	320	61.73±5.15	141	179	0.44	0.03	22.77±0.43
2	250	66.70±4.91	115	135	0.46	0.21	18.99±0.9
3	250	63.52±6.06	98	122	0.45	0.11	22.47±0.64
4	622	66.27±5.36	298	324	0.48	0.30	24.76±0.41
5	261	48.53±8.02	80	123	0.39	< 0.01	25.19±0.3
6	763	55.81±6.35	327	416	0.44	< 0.01	27.83±0.25
7	308	64.49±7.34	105	197	0.35	< 0.01	29.36±0.26
8	640	61.73±11.07	302	330	0.48	0.27	29.4±0.18
9	200	63.49±11.50	82	108	0.43	0.06	27.96±0.26
總計	5,305	55.60±14.10	2,164	3,000	0.41	< 0.01	-

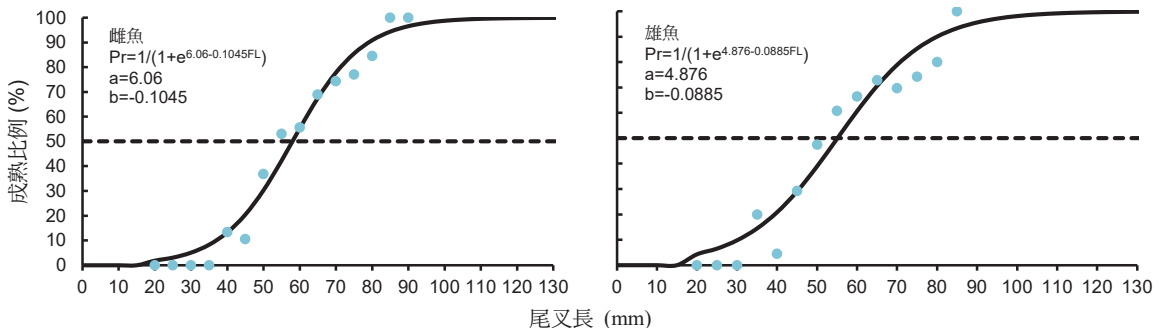


圖 4 日本銀帶鯡雌、雄魚體長與成熟比例分布情形

雌魚月別成熟度變化與生殖腺指數有相同趨勢，已成熟比例於 2021 年 9 月 (15.6%) 開始減少，10 月至翌年 3 月則均為未成熟個體。4 月已成熟比例達最高值 (41.6%)，5 月 (1%) 大幅下降後，6–8 月增加至 15.6–24.0% 並持續出現排完卵個體 (8.3–10.9%)，9 月達 30.5%，為繼 4 月後之次高值。與雌魚相似，2021 年成熟雄魚於 9 月開始減少，10 月至翌年 3 月未發現已成熟個體，並於 4 月已成熟比例達最高值 (53.1%)，6–9 月則於 27.4–37.0% 間波動 (圖 6)。

透過生殖腺外觀及卵巢組織切片觀察，成熟性腺出現於 4–9 月間，4 月、6–9 月卵徑頻度分布呈雙峰形 (圖 7)。生殖腺指數、已成熟比例均於 4 月開始增加，10 月大幅下降，並在 4 月達生殖高峰。此外，依據體長

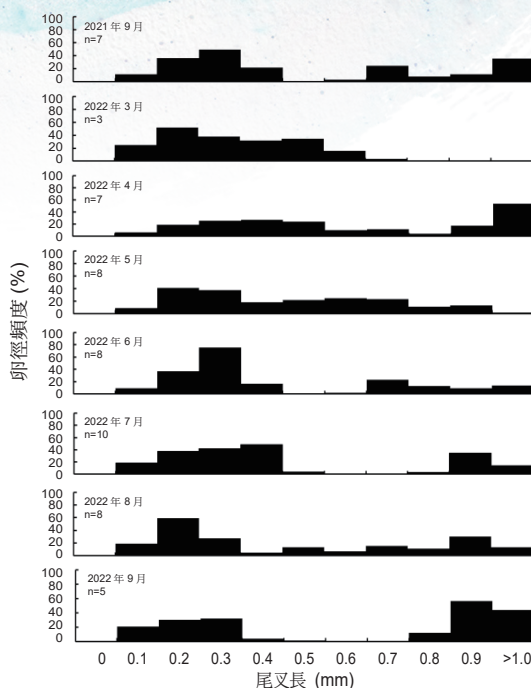


圖 7 2021 年 9 月、2022 年 3-9 月日本銀帶鯡月別卵徑頻度分布情形

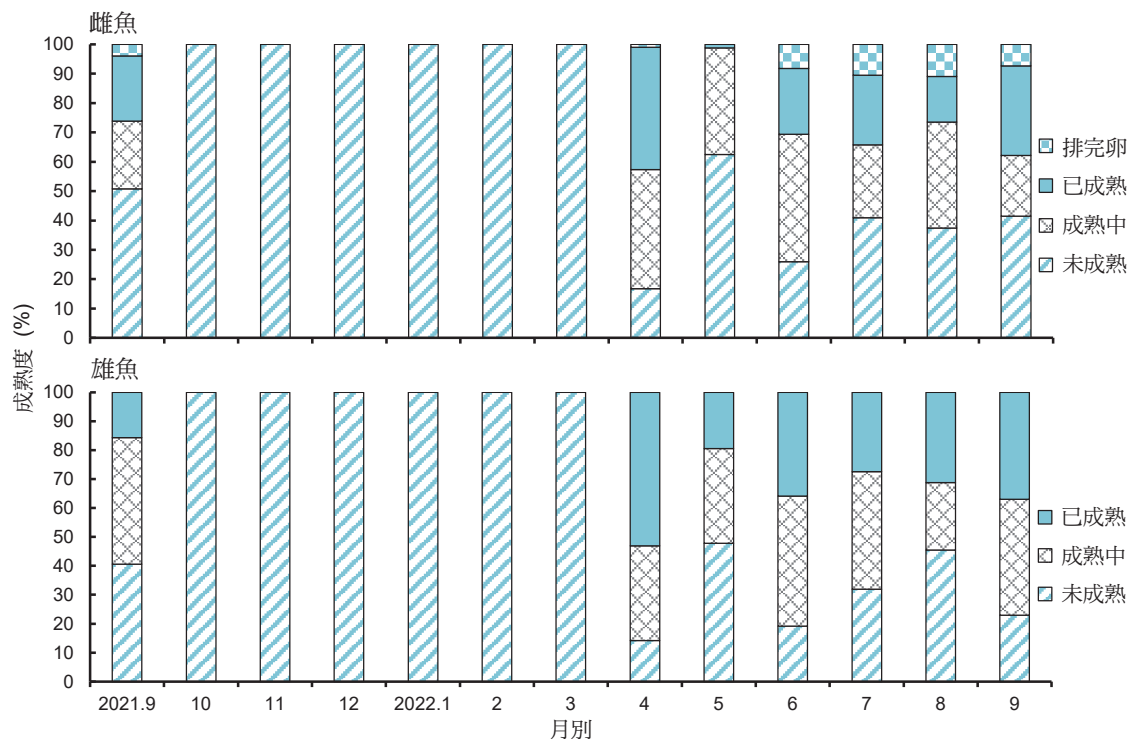


圖 6 2021 年 9 月至 2022 年 9 月日本銀帶鯡雌、雄魚成熟度月別變化趨勢圖



頻度分布顯示，體長介於 20—50 mm 的小型魚主要在 5—11 月加入漁場，耳石日輪判讀為 23—53 天 (圖 8)，經推算約在 4—5 月、7—10 月孵化，與前述生殖腺發育狀況吻合。整合上述觀察結果，對照澎湖周邊海域水文環境資料 (表 1)，2021—2022 年間澎湖周邊海域日本銀帶鯡生殖期為 4—9 月，隨著表水溫上升開始，於 4 月達生殖高峰，於 10 月水溫下降後結束，與 Weng et al. (2005) 觀察結果 (生殖期為 2—9 月，3—4 月、7—8 月出現兩次生殖高峰) 一致。

四、孕卵數及產卵數估算

選取成熟期卵巢 49 幅，體長為 50.9—77.7 mm，體重為 1.1—4.6 g，其生殖腺指數為 6.1—25.8，估計孕卵數為 694—11,419 粒，平均孕卵數為 $4,118 \pm 2,311$ 粒。另於生殖腺

指數高峰期間選取 32 尾雌魚，體長為 54.2—77.7 mm，體重為 1.5—4.6 g，產卵數為 120—1,505 粒，平均產卵數為 748 ± 352 粒。

結語

2021—2022 年日本銀帶鯡生殖期為 4—9 月，於 4 月達生殖高峰，生殖起末時間點隨著環境水溫增加開始、下降結束。漁獲高峰依漁撈日誌，約為 6—8 月。整合本研究調查結果，建議禁漁期可研議調整為 4—5 月。該魚種生命週期短，且其卵粒屬黏性卵，棲地環境變化為繁衍成功與否的重要影響因子，倘於生殖高峰期間落實禁漁措施，保護產卵親魚、加入群及產卵場域，應可達資源復育之目的。

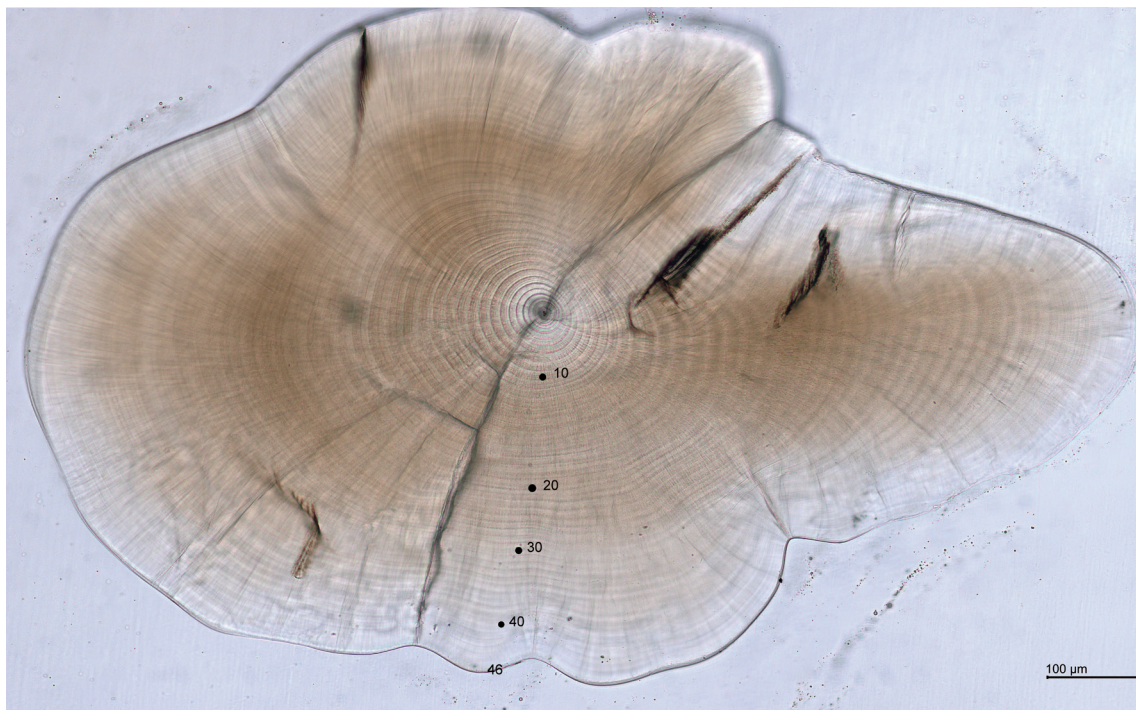


圖 8 日本銀帶鯡幼魚耳石日輪判讀 (52.76 mm，46 日齡雄魚)