



臺灣海峽康氏馬加鰭年齡成長初探

鄭力綺¹、羅允信²、翁進興¹、何珈欣¹、蕭仁傑³

¹水產試驗所沿海資源研究中心、²行政院農業委員會漁業署、³國立臺灣大學海洋研究所

前言

康氏馬加鰭 (*Scomberomorus commerson*) 俗稱土魷魚，為一種中表層的洄游性魚類，分布西起紅海、南非至亞洲東南，北至中國及日本，南至澳洲北岸 (Randall, 1995)，是一種高經濟價值魚種及重要的漁業 (Kailola et al., 1993; Carpenter et al., 1997)。主要棲息於水深小於 100 m 淺海沿岸 (Tobin and Mapleston, 2004)，最大體型達 2.4 m，體重 70 kg (McPherson, 1992)，年齡可達 20 歲 (McIlwain et al., 2005)。

由於國際上對此魚種的需求量高，致資源壓力增加，全球捕撈量從 1970 年代的 7 萬公噸，增加至 2014 年的 30 萬餘公噸，並於 2016 年降至 27 萬公噸。康氏馬加鰭在臺灣同樣是重要的漁獲魚種，主要作業漁具漁法有流刺網、延繩釣、曳繩釣等，由漁業署漁業統計資料顯示，自 2003 年達 6,600 公噸高峰後，降至 2009 年的 1,059 公噸，於 2010 年至 2014 年微幅增加至 1,646 公噸，隨後於 2015 年起呈不等比遞減，至 2019 年僅餘 571 公噸。由此可見，本魚種在臺灣周邊水域可能有過度開發之疑慮。

成長參數是系群評估的重要依據。對魚類年齡研究最常見的方法為體型、體重的測定，或透過魚類的組織，如鱗片、脊椎骨、

硬棘等鈣化組織中，季節性沉積的明帶、暗帶或生長輪進行計數，推估魚的年齡和相對應的生長參數 (Campana and Therrold, 2001)。國際上已有不少研究者針對康氏馬加鰭進行年齡成長研究 (Devaraj, 1981; McPherson, 1992; Govender, 1994; Ai-hosni and Sideek, 1999; Grandcurt et al., 2005; McIlwain et al., 2005; Govender et al., 2006; Ballagh et al., 2006; Shojaei et al., 2007; Lee, 2015; Niamaimandi et al., 2015)，然臺灣對本魚種之研究則相對缺乏，因此，本研究將透過耳石分析結果描述康氏馬加鰭的年齡成長，並對應到體長資料，探討目前漁獲組成之年級群，俾能作為本魚種未來資源解析評估及管理之參考依據。

材料與方法

一、標本採集

本研究之成魚樣本係於 2017 年 1 月至 2019 年 12 月間，由澎湖當地之流刺網、曳繩釣或延繩釣漁船於臺灣海峽附近水域所漁獲；幼魚則是透過棒受網在澎湖附近海域捕抓。除了蒐集樣本魚之外，每次調查時，一併測量魚市場中本魚種的體長及體重資料，作為漁獲體型組成分析使用。

所有取得之標本攜回實驗室測量體長

(精確至公分)、體重 (kg)，並取下耳石 (矢狀石)，以清水洗淨後，乾燥保存作為日後年齡判定用。

將乾燥後之耳石包埋在環氧樹脂中，並使用低速之切割機將其切成薄片 (350 μm) 後，安裝在載玻片上進行讀輪 (圖 1)。年輪是根據長軸上的暗帶或透明帶進行判讀，年輪和日輪數則從核心到耳石的外緣沿同一橫斷面計算，每個標本讀輪 2 次，每次讀輪間隔為 2 星期，並依據 Beamish and Fournier (1981) 的平均百分誤差指數 (average percent error, APE) 對 2 次讀輪的結果進行分析，其公式如下， R 為讀輪次數， X_{ij} 為第 i 次判讀時，第 j 個樣本的讀輪結果或估計年齡， $\bar{X}_j$ 第 j 個樣本讀輪結果或估計年齡的平均值。

$$\text{APE} = 100\% \times \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R X_{ij} - \bar{X}_j$$



圖 1 康氏馬加鰱耳石年齡判讀 (135 cm FL, 5 歲雌魚)

對於所有耳石，均選擇了具有最低 APE 值者 (對應於年齡讀數的最高精度)，最後總共獲得了 499 尾樣本魚的耳石提供分析。

本研究參考 Campana (2001)、Campana and Thorrold (2001)、Lee (2013)、Grandcourt 等 (2005) 的邊緣分析法 (marginal zone analysis, MZA) 來判讀年輪。其中，Grandcourt 等 (2005) 係以平均出生日期至第一暗帶形成的時間，加上第一暗帶至邊緣暗帶之暗帶數及邊緣暗帶沉積至耳石邊緣的

時間間距作為土魷魚年齡估算之依據。由於邊緣暗帶的判別在明、暗帶形成初期較不易判斷，致年齡估計相差約 1 歲。另該魚種產卵期為 3—8 月，3—5 月為生殖高峰期 (Weng et al., 2020)，故本研究以 5 月作為平均出生日期，為校正個體實際出生與平均出生日期之時間差及降低邊緣明、暗帶判讀錯誤所衍生之誤差，依耳石邊緣沉積情形及魚體捕獲月份，以下列公式估計年齡：

$$(1) \text{ age} = 5 + \{[12(n-1)] + (m+3)\} / 12$$

$$(2) \text{ age} = 5 + \{[12(n-1)] + (m-9)\} / 12$$

n 為暗帶數， m 為捕獲月份。查本研究樣本耳石沉積結果顯示，邊緣明帶主要在 4—9 月形成，10 月開始形成暗帶，持續至隔年 3 月。爰當魚體捕獲月份為 1—6 月、耳石邊緣呈暗帶時以第(1)式計算；7—12 月捕獲之個體、耳石邊緣為暗帶者以第(2)式計算。

二、年齡及體長資料分析

使用 von Bertalanffy growth function (VBGF) (von Bertalanffy, 1938) 以非線性最小平方法套適所有耳石樣本的體長與年齡資料並分別套用於性別。對於其中有 4 尾無法判別之幼魚則同時加入雌雄魚資料中，其成長方程式如下， L_t 為 t 歲時的體長， L_∞ 為理論極限體長， k 為成長係數， t_0 為理論體長 0 的年齡。

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

根據耳石讀輪資料和對應的體長資料，以每 5 cm 為間距和每筆體長資料對應的年齡估計結果，建立本魚種年齡與體長 (age-length key) 關係資料，利用此資料探討在澎湖魚市場所量測之體長分布情形，推估在臺灣淺灘所捕獲之康氏馬加鰱年齡組成。

結果

一、體長組成

共計採得 499 尾樣本，其中雌魚 264、雄魚 231 尾，幼魚 4 尾，雌魚體長分布為 49–159 cm，體長與體重關係式為 $BW = 0.00001FL^{2.942}$ ， $r^2 = 0.98$ ， $n = 264$ ；雄魚則為 38.5–135.0 cm， $BW = 0.00001FL^{2.929}$ ， $r^2 = 0.97$ ， $n = 231$ (圖 2)。在體長頻度分布上，雌魚以 80 cm 及 75 cm 最高，分別為 24.9% 及 19.92%；雄魚則以 75 cm 及 80 cm 為最高 (24.9%、15.9%) (圖 3)。

二、耳石判讀

耳石邊緣分析上，樣本中暗帶發生率自 10 月起開始上升達 50%，11 月至隔年 3 月高達 80% 以上，4 月起逐漸下降。而明帶在 4 月逐漸上升，高峰則在 4–9 月，其中 5–8 月發生率為 90% 以上 (圖 4)，代表耳石輪沉積具有季節性，在環境水溫低、個體成長速

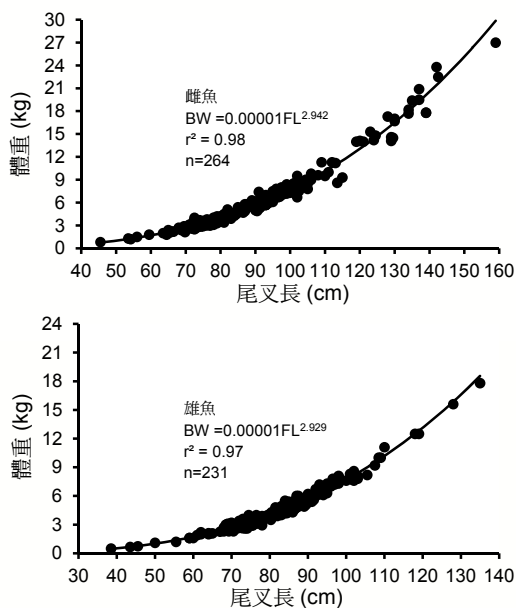


圖 2 康氏馬加鰺雌雄魚體長與體重分布情形

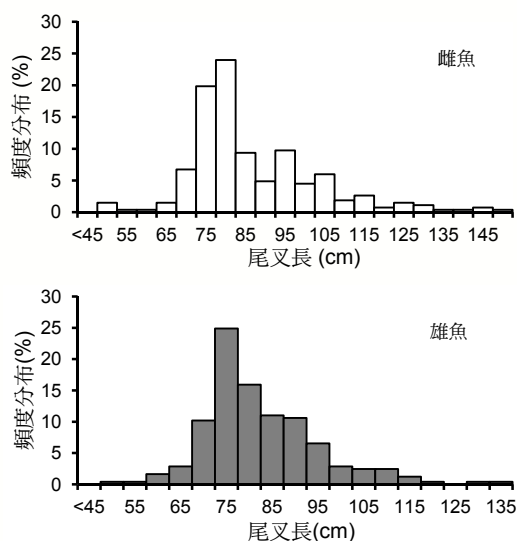


圖 3 康氏馬加鰺雌雄魚體長頻度分布情形

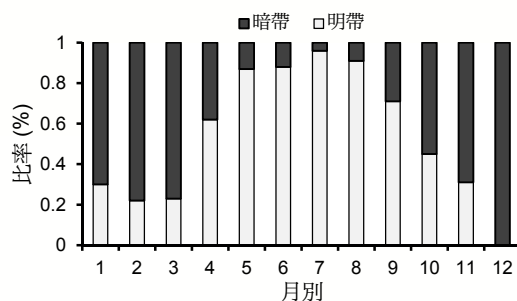


圖 4 康氏馬加鰺耳石明暗帶月別分布情形

率較慢的秋、冬季，暗帶生成；隨後，於春末、夏季時環境水溫高、成長速率快，則為明帶生成的主要時間點。

耳石輪紋觀察上，當有三條以上的暗帶時，第二暗帶會與第一或第三暗帶重疊，或出現第二、三暗帶比第一、二暗帶間距長等不合理現象，類似 Lewis and Mackie (2002) 所描述第一、二輪之間連續的暗帶沉積，經測量各暗帶與第一暗帶間之距離，第二暗帶距第一條暗帶最短為 83 μm ，最長為 160 μm 。499 個耳石經 2 星期再次判讀年輪後分析，2 次估計年齡的平均 APE 與變異係數

(coefficient of variation, CV) 分別為 0.83%、1.18%，年齡範圍則為 0.24—9.0 歲。

三、年齡成長方程式估算

以 VBGF 成長方程式可提供精確的雌雄魚成長估計值，套至體長與年齡資料，雌魚之 $L_{\infty} = 147.5$ ， $k = 0.30$ ， $t_0 = -1.259$ ；雄魚則為 $L_{\infty} = 140.8$ ， $k = 0.29$ ， $t_0 = -1.514$ ，雌魚極限體長 (L_{∞}) 大於雄魚，從成長方程式估計雌雄魚在 1 歲時成長快速，二者在 1 歲時體長差異不大，2 歲後差異可達 4 cm，隨後縮小，於 5 歲時再次拉開，雌魚持續成長，由耳石分析判讀結果最大達 9 歲，而雄魚成長至 4 歲後速度便緩慢，最大體型則為 5.2 歲 (圖 5)。

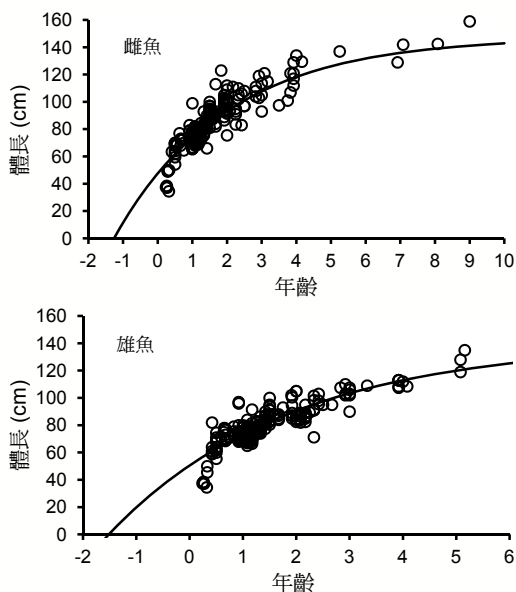


圖 5 以 von Bertalanffy 方程式套至康氏馬加鰾年齡資料

四、年齡組成

在耳石樣本中雌雄魚以 1⁺ 歲的比率最高，分別為 38.0% 及 27.3%，次之為 0⁺ 歲魚 5.2% 及 10.4% (圖 6 及表 1)。對應至魚市

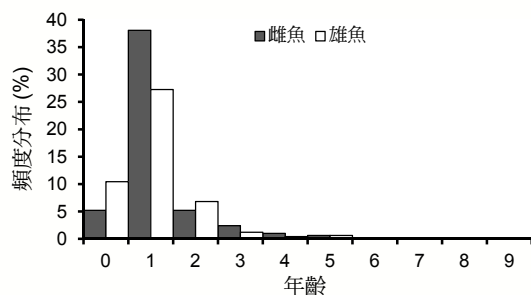


圖 6 耳石分析康氏馬加鰾雌雄魚年齡分布情形

表 1 康氏馬加鰾各年齡與體長分布情形

體長 (cm)	年齡(歲)										總計
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<45	4										4
50	5										5
55	2										2
60	5										5
65	10	1									11
70	17	26									43
75	24	89	1								114
80	11	93	1								105
85	2	36	9								47
90		29	12								41
95	1	27	11	1							40
100	2	9	7	1							19
105		7	13	2							22
110		1	5	5	1						12
115		1	4	7							12
120			1	1		1					3
125		1		3							4
130				1	1	1	1				4
135					1	1					2
140						1					1
145								1	1		2
>145										1	1
總計	83	320	64	21	3	4	1	1	1	1	499

場所測量 3,714 尾標本中 (圖 7 及表 2)，以 95 cm 最高 (20.4%)，次之為 100 cm 及 90 cm (13.7%、11.7%)，在現有作業漁具漁法情況下，捕獲康氏馬加鰾之年齡分布上則以 1⁺ 魚的 1,847 尾最高，次之為 2⁺ 歲魚的 1,040 尾。

結語

本研究中，康氏馬加鰾雌雄魚之極限體長分別為 $L_{\infty} = 147.5$ cm、140.8 cm，依成長

參數估算，目前漁獲個體在年齡結構上以 1^+ – 2^+ 歲魚為主。另耳石輪紋形成機制部分，臺灣海峽四季分明，秋、冬季有大陸沿岸流南下，環境水溫較低，魚體成長、代謝趨緩，為暗帶形成的主要季節；反之，於春、夏兩季受黑潮支流、南海表層水影響，水溫較高，魚體成長速率較快，耳石沉積的有機物含量較高，為明帶形成的主要時間點。由此顯示，耳石明、暗帶的形成與水溫有關，這些訊息將來可作本魚種資源評估參考。

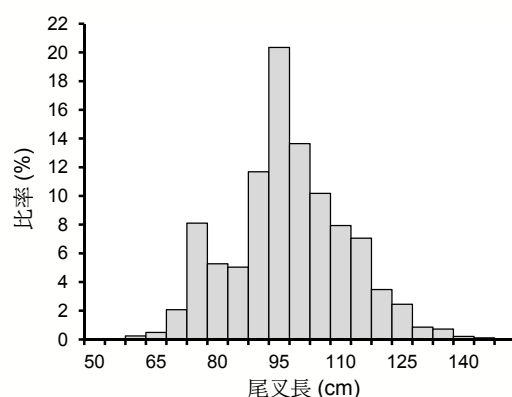


圖 7 澎湖馬公魚市場測量康氏馬加鰹體長頻度分布情形

表 2 澎湖馬公魚市場測量康氏馬加鰹體長對應至年齡分布情形

體 長 (cm)	年 齡 (歲)										總 計
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<45											0
50											0
55	2										2
60	9										9
65	16	2									18
70	30	47									77
75	63	235	3								301
80	20	174	2								196
85	8	143	36								187
90		307	127								434
95	19	510	208	19							756
100	53	240	187	27							507
105		120	224	34							378
110		24	123	123	25						295
115		22	87	153							262
120			43	43		43					129
125		23		68							91
130					8	8	8	8			32
135						13	14				27
140							8				8
145								2	2		4
>145										1	1
總 計	220	1,847	1,040	467	33	64	30	10	2	1	3,714