

國立台灣海洋大學

海洋資源管理研究所

碩士學位論文

指導教授： 劉光明 博士

莊守正 博士

台灣東部海域矛尾翻車魷 (*Masturus lanceolatus*) 年齡與成長研究

Age and growth of sharptail sunfish, *Masturus lanceolatus* in the eastern waters off Taiwan

研究生：李美羚 撰

中華民國 96 年 6 月



台灣東部海域矛尾翻車魷年齡與成長研究

Age and growth of sharptail sunfish

***Masturus lanceolatus* in the eastern waters off Taiwan**

研究生：李美羚

Student : Mei Lin Lee

指導教授：劉光明

Advisor : Kwang Ming Liu

莊守正

Shoou Jeng Joung

國立臺灣海洋大學

海洋資源管理研究所

碩士論文

A Thesis

Institute of Marine Resource Management

College of Life and Resource Sciences

National Taiwan Ocean University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Institute of Marine Resource Management

June 2007

Keelung, Taiwan, Republic of China

中華民國 96 年 6 月

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
第一章、前言.....	1
1.1 矛尾翻車魷的分類與形態特徵.....	1
1.2 台灣東部海域矛尾翻車魷之漁業概況.....	2
1.3 前人研究概況.....	3
1.4 研究動機與目的.....	4
第二章、材料與方法.....	6
2.1 資料來源與採樣地點.....	6
2.2 外部形態之量測.....	6
2.3 年齡形質之決定.....	7
2.4 脊椎骨處理.....	8
2.5 輪紋判讀與量測.....	10
2.6 輪紋判讀精確度分析.....	10
2.7 輪紋形成週期判定.....	11
2.8.1 全長與標準體長之關係.....	12
2.8.2 體重與標準體長之關係.....	12
2.8.3 標準體長與椎徑之關係.....	12
2.9 成長方程式參數之推估.....	13
2.10 瞬時成長速率.....	15
2.11 最佳成長方程式之判定.....	16
2.12 雌、雄成長方程式差異之檢定.....	16
第三章、結果.....	17
3.1 全長與標準體長之迴歸關係.....	17
3.2 體重與標準體長之迴歸關係.....	17
3.3 標準體長與椎徑之迴歸關係.....	18
3.4 年齡形質之判定.....	18
3.5 輪紋判讀之精確度分析.....	19

3.6	輪紋形成期之判定.....	19
3.7	各輪紋形成時之平均輪徑.....	20
3.8	輪紋形成期之判定.....	21
3.9	成長方程式之推估與比較.....	21
3.10	成長速率.....	22
3.11	成長模式之比較.....	25
第四章、討論.....		27
4.1	採集樣本資料分析.....	27
4.2	年齡成長研究方法分析.....	29
4.3	輪紋形成期之探討.....	31
4.4	輪紋判讀精確度分析.....	33
4.5	成長方程式之比較.....	34
4.6	成長方程式各參數之比較與分析.....	36
4.7	成長速率之分析.....	40
4.8	管理建議.....	40
參考文獻.....		43
附圖.....		51
附表.....		71

圖目錄

Fig. 1	A male sharptail sunfish, <i>Masturus lanceolatus</i>	51
Fig. 2	Sampling areas of sharptail sunfish in this study.....	52
Fig. 3	Diagram of sharptail sunfish showing the body portions measured.....	53
Fig. 4	Mean vertebra radius and variation along the vertebra column of two sharptail sunfish.....	54
Fig. 5	The method of vertebrae sectioning used in this study.....	55
Fig. 6	The measurements of growth bands and radius of vertebra.....	56
Fig. 7	Standard length frequency distribution of the sharptail sunfish in this study.....	57
Fig. 8a	Relationship between total length and standard length of female sharptail sunfish.....	58
Fig. 8b	Relationship between total length and standard length of male sharptail sunfish.....	59
Fig. 9a	Relationship between body weight and standard length of female sharptail sunfish.....	60
Fig. 9b	Relationship between body weight and standard length of male sharptail sunfish.....	61
Fig.10a	Relationship between standard length and vertebral radius of female sharptail sunfish.....	62
Fig.10b	Relationship between standard length and vertebral radius of male sharptail sunfish.....	63
Fig.11a	Monthly variations of marginal increment of female sharptail sunfish... ..	64
Fig.11b	Monthly variations of marginal increment of male sharptail sunfish	65
Fig.12	Relationship between standard length and growth rings of sharptail sunfish.....	66
Fig. 13a	von Bertalanffy growth curve for female sharptail sunfish.....	67
Fig. 13b	von Bertalanffy growth curve for male sharptail sunfish.....	68
Fig. 14a	von Bertalanffy, Robertson and Gompertz growth curves for female sharptail sunfish.....	69
Fig. 14b	von Bertalanffy, Robertson and Gompertz growth curves for male sharptail sunfish.....	70

表目錄

Tab. 1	The procedure of embedding.....	71
Tab. 2	The specimens used in this study.....	72
Tab. 3a	Age-length key of female sharptail sunfish.....	73
Tab. 3b	Age-length key of male sharptail sunfish.....	74
Tab. 4a	Average radius of each age groups for female sharptail sunfish.....	75
Tab. 4b	Average radius of each age groups for male sharptail sunfish.....	76
Tab. 5	Maximum likelihood ratio test on the difference between von Bertalanffy, Robertson, and Gompertz growth equations for female and male	77
Tab. 6	Comparison of goodness-of-fit among von Bertalanffy, Robertson and Gompertz growth equations for sharptail sunfish.....	78

摘 要

翻車魚為泛世界性魚種，截至目前為止僅極少數有關該類生物漁業生物方面的研究。矛尾翻車魷 (*Masturus lanceolatus*) 為台灣東部海域，最常被漁獲的經濟魚種。本研究以 2003 年 1 月起至 2006 年 11 月止在宜蘭、花蓮兩地所蒐集之 265 尾(雄魚 160 尾、雌魚 105 尾) 樣本進行分析，全長(TL) 與標準體長(SL) 的迴歸關係，雌雄分別估計如下，雌： $TL = 7.759 + 1.166 SL$ ($r^2 = 0.980, n = 105, p < 0.05$)； 雄： $TL = 3.698 + 1.204 SL$ ($r^2 = 0.971, n = 160, p < 0.05$)。體重(BW)與標準體長(SL)的迴歸關係，雌雄分別表示如下，雌： $BW = 9.98 \times 10^{-4} SL^{2.45}$ ($r^2 = 0.987, n = 105, p < 0.05$)； 雄： $BW = 3.33 \times 10^{-4} SL^{2.68}$ ($r^2 = 0.986, n = 160, p < 0.05$)。標準體長(SL)與椎徑(R)的迴歸關係，雌雄分別表示如下，雌： $SL = 3.383 R + 8.229$ ($r^2 = 0.962, n = 84, p < 0.05$)； 雄： $SL = 3.513 R - 0.243$ ($r^2 = 0.847, n = 135, p < 0.05$)。本研究以 215 尾樣本之脊椎骨進行年齡成長研究，輪紋判讀所得結果，輪紋數最多為 23 輪，最少為 1 輪。邊緣成長率月別變化結果顯示，不論雌、雄，不透明帶皆在每年的 3 月至 4 月間形成，一年形成一輪。經最大概似比率法檢定，結果顯示雌、雄 von Bertalanffy 成長方程式有顯著差異。雌魚之成長方程式各參數分別為極限體長 $L_{\infty} = 262.5$ cm SL，成長係數 $k = 0.046$ (yr^{-1})，理論零體長年齡 $t_0 = -3.35$ (yr)，換算成極限體重 $BW_{\infty} = 838$ kg； 雄魚 $L_{\infty} = 231$ cm SL， $k = 0.059$ (yr^{-1})， $t_0 = -1.85$ (yr)，換算成 $BW_{\infty} = 702$ kg。

關鍵字：台灣東部海域、矛尾翻車魷、漁業生物學

Abstract

The ocean sunfish (Molidae) is a cosmopolitan species. Only a few studies on ocean sunfish especially the fisheries biology have been done. The most common species of ocean sunfish caught by commercial fishery is the sharptail sunfish (*Masturus lanceolatus*) in the eastern waters off Taiwan. A total of 265 specimens (160 males, 105 females) were collected in I-lan and Hawlien from January 2003 to November 2006. The relationships between total length (TL) and standard length (SL) were estimated to be $TL=7.759+1.166SL$ ($r^2 = 0.980$, $n = 105$, $P < 0.05$) for females, and $TL=3.698+1.204SL$ ($r^2 = 0.971$, $n = 160$, $P < 0.05$) for males. The relationships between body weight (BW) and standard length were expressed as : $BW=9.98 \times 10^{-4} SL^{2.45}$ ($r^2 = 0.987$, $n = 105$, $P < 0.05$) for females, and $BW = 3.33 \times 10^{-4} SL^{2.68}$ ($r^2 = 0.986$, $n = 160$, $P < 0.05$) for males. The relationships between standard length (SL) and centrum radius were estimated to be $SL = 3.383 R + 8.229$ ($r^2 = 0.962$, $n = 84$, $P < 0.05$) , and $SL = 3.513 R - 0.243$ ($r^2 = 0.847$, $n = 135$, $P < 0.05$) for females and males, respectively. The growth band of vertebra centrum was found to form once per year, during March and April and up to 23 bands were counted. The von Bertalanffy growth parameters estimated based on 215 specimens were as followings: growth coefficient $k=0.046$ (yr^{-1}), asymptotic standard length $L_{\infty} = 262.5$ (cm) and $t_0 = -3.3489$ (yr) for females; $k = 0.0594$ (yr^{-1}), $L_{\infty}=231.0$ (cm) and $t_0 = -1.852$ (yr) for males.

The asymptotic total weight was estimated to be $W_{\infty} = 838$ (kg) for females and 702 (kg) for males .

Key words : eastern waters off Taiwan, sharptail sunfish, *Masturus lanceolatus*, fisheries biology

第一章 前言

1.1 矛尾翻車魷的分類地位與形態特徵

矛尾翻車魷(*Masturus lanceolatus*)，為廣泛分佈於溫、熱帶海域之大洋性中、表層魚種(Bigelow and Schroeder, 1953)(Fig.1)。在分類地位上隸屬於硬骨魚綱(Osteichthyses)，魷形目(Tetraodoniformes)，翻車魷科(Molidae)，翻車魷科種類有翻車魷屬(*Mola*)、矛尾翻車魷屬(*Masturus*)及長翻車魷屬(*Ranzania*)等三屬。漁民統稱為翻車魚(ocean sunfish)，翻車魚又名為Headfish，因其在海裡游動有如一顆游泳的頭。日本人稱其為曼波魚，台灣漁民則因其嗜食水母而名其為蜇魚。台灣附近海域最常發現的翻車魚有矛尾翻車魷(*Masturus lanceolatus*)及翻車魷(*Mola mola*)二種，偶而有斑點長翻車魷(*Ranzania laevis*)被漁獲，但為數並不多，此種較常出現在日本海域。矛尾翻車魷英文俗名為Sharptail mola或Sharptail sunfish，體高而側扁，呈卵圓形，無腹鰭，無尾柄，尾鰭退化，末端成尖矛狀之舵鰭(clavus)是其特徵。僅依賴高大而呈鐮刀狀的背鰭與臀鰭上下擺動緩慢游泳。口小，以吞食小型浮游生物，如水母、橈腳類等為主，口內有咽頭齒，用以磨碎食物。

翻車魷英文俗名為 Ocean sunfish，體型較大，形態大致與矛尾翻

車魷相似，體表較粗糙，且黏液較多，唯尾鰭部分退化成圓弧狀，與矛尾翻車魷之尖矛狀互異。

1.2 台灣東部海域矛尾翻車魷之漁業概況

翻車魚在台灣東部海域終年均可漁獲，冬季尤為盛漁期，漁獲量高於平日數倍以上。昔日漁民因其魚肉價值不高，僅留取經濟價值較高之消化道與生殖腺販售，其餘皆拋棄。但近年來已普遍全魚利用，加上花蓮縣新城鄉每年舉辦的曼波季促銷活動，使得翻車魚躍升為高經濟價值魚種，目前魚肉市價每公斤可高達 300 元。

根據張(個人通訊)指出，台灣東部海域翻車魚之漁獲以矛尾翻車魷為最大宗，其次是翻車魷，最主要的漁獲地點在花蓮地區的定置漁場，尤以七星潭海域漁獲最多，且終年均可漁獲，為當地定置漁業最主要的經濟魚種之一，年產值超過 3 千萬元以上。當地翻車魚的年漁獲量在 2003 年曾高達 494 公噸，之後即逐年下滑，至 2005 年包括定置網與漁船之總漁獲量竟不及 2003 年漁獲量之半(208 公噸)，但 2006 年 1-10 月之漁獲量卻又回升至 295 公噸，且 1 月份單月漁獲量竟創新高達 140 公噸，達 2005 年全年漁獲量之 70%，漁獲量變動如此之大，引起各方關注。不知是否為近年來連續大量捕撈所致？或彼時(2003 年)僅只是優勢族群所造成的短暫高峰期？由於過去(2002 年以前)並

無本種漁獲資料的建立與保存，因此目前尚仍無法進一步加以分析本種漁獲量或資源量之變化情形。

1.3 前人研究概況

翻車魚雖為泛世界性魚種，但過去因經濟價值低，較少被漁獲，有關形態學的資料蒐集僅依賴少數已死亡之個體，而有關生物學方面的資料則無從蒐集(Paulin et al.,1982; Schwartz and Lindquist, 1987; Balart et al., 2000)。截至目前相關文獻仍非常有限，僅Fraser(1951)及Miller(1972)等人指出翻車純為分布於溫熱帶海域的魚種；Fraser(1951)及Smith(1986)等人根據其外貌稱之為截魚(“chopped off”)；Gudger(1928)；Streelman (2003)等人曾指出翻車純為世界上最大的硬骨魚類，體長可達3~4 m，體重約可達2,000 kg；Schmidt (1921)以及 Parenti (2003)等人指出翻車純單次產卵可高達三億顆卵，為單次產卵數最高的魚種；以及 Paulin (1982)等人在紐西蘭北部海域發現三種翻車純的記載。Hoese and Moore (1998)曾在墨西哥灣德克薩斯州南部外海的深水域發現翻車純蹤跡；Harbison and Janssen (1987)曾發表翻車純在巴哈馬670 m水深處被發現，認為翻車魚可能棲息於較深水層(Nybakken, 2001)；以及 Cartamil and Lowe (2004)所發表的標識放流研究。

前述文獻多為與其形態與洄游習性有關之內容，並無生物學方面的研究，且研究對象皆為翻車魷，非為本研究對象魚種之矛尾翻車魷。而有關矛尾翻車魷的研究報告，目前僅有Seitz (2002)記載於2001年在墨西哥灣用人造衛星籤(pop-up satellite archival tag)標識放流一尾全長約1 m，體重約70 kg之矛尾翻車魷，在追蹤的61天期間，該尾矛尾翻車魷之水平洄游距離達594 km，最常棲息在200 m以淺、水溫高於20°C的海域，偶而深潛到700 m以深、水溫低於6°C之海底。除此之外其他有關生物學方面的研究報告則仍闕如。目前國內正在進行本種標識放流的研究(張，個人通訊)，但仍無足夠資料來推測矛尾翻車魷在台灣附近海域的洄游路徑。

1.4 研究動機與目的

矛尾翻車魷雖為泛世界性的魚種，但截至目前為止有關於其漁業生物學的研究卻仍闕如。在台灣東部海域高度依賴此一漁業資源的此時，針對本資源加以評估並進行管理確有其必要性。而年齡成長資料為漁業資源評估必要的參數，也是資源管理的重要依據，本研究即針對台灣東部海域之矛尾翻車魷進行年齡與成長研究，期望所得結果能做為爾後進行資源評估時之重要參數。

第二章 材料與方法

2.1 資料來源與採樣地點

本研究採樣自 2003 年 1 月起，於宜蘭南方澳魚市場及花蓮七星潭定置漁場所採得，漁獲海域約為 $23^{\circ} \text{N} \sim 24.7^{\circ} \text{N}$ ， $121.3^{\circ} \text{E} \sim 122^{\circ} \text{E}$ 間 (Fig. 2)，樣本大多來自花蓮七星潭海域之定置漁場，少部份為沿近海域圍網、流刺網所漁獲。漁獲水深因作業船隻及各定置漁場地理環境而異，大約在 50 m 以淺的水層。

2.2 外部形態量測

本種被漁獲上岸過磅後即部分運送各地魚販，部分現場肢解販售給當地魚販。樣本之採集及體長量測工作大多在花蓮七星潭定置漁場及宜蘭南方澳魚市場進行。首先在現場等待卸魚過磅後，隨即記錄體重 (body weight, BW) 並利用捲尺量測體長，本研究量測標準體長 (standard length, SL) 與全長 (total length, TL)。量測標準如 Fig. 3 所示，由吻端量至尾鰭前緣為標準體長；由吻端量至尾鰭末(尖端)端為全長，體長的量測精確至 0.1cm，體重則精確至 0.1kg。由於矛尾翻車魷並無第二性徵，無法由外表來分辨雌雄，須遇有現場解剖的樣本方能觀測其生殖腺並做成性別的記錄，本研究性比以雌魚 (F) 與雄魚 (M) 尾數的比值表示。由於採樣時經常發現有尾鰭斷裂或不完整之個體，

或尾鰭已先行切除(因無經濟價值,當漁獲量大時常於裝載前先行切除背鰭、臀鰭及尾鰭等不具經濟價值之部位,以利運送),加以在採樣中發現本種尾鰭之矛尖部位(尾鰭末端)形狀常有差異,其長短直接影響該樣本之全長,所以本研究後續所指的體長皆表示標準體長。

2.3 年齡形質之決定

一般用來作為年齡查定的形質有由脊椎骨(vertebrae)、耳石(otolith)、鱗片(scale)、硬棘(spine)等硬組織。根據 Brothers (1983), Jonson (1983), Smith (1983) 以及 Hill et al. (1989) 的歸納指出,做為年齡查定之形質必須符合以下幾項基本條件:(1)形質的數目在整個生活史中必須是固定不變的;(2)形質的成長必須與魚體的成長成比例;(3)形質必須具有可辨識性且會隨著魚體成長而增加的輪紋或痕跡;(4)形質輪紋形成及增加必須符合一段有規則的時間週期。

本研究在解剖的過程中並未發現耳石,是否沒有耳石或僅是因為耳石太小未被發現仍有待證實。由於本種脊椎骨較大、較易採集(因不具經濟價值,大多於魚體肢解後拋棄)、其輪紋亦較清晰易辨,故嘗試以此來做為本種年齡查定的形質。為確認本種之脊椎骨是否適合做為年齡查定之形質,本研究進一步檢定本種脊椎骨之輪紋數及椎徑與體長是否具有相對成長之關係,並比較3尾有完整脊椎骨的樣本其各節

輪紋數是否相同，來探討以脊椎骨做為形質，進行年齡查定工作之可行性。

矛尾翻車魷之脊椎骨共 17 節，絕大多數樣本均無法取得整尾完整的脊椎骨，Bishop (2006) 等人建議以脊椎骨做年齡分析時宜採用椎徑較大的部位，椎徑較大，各輪紋之間距亦較大，較易讀輪。本研究為找出最適部位並顧及椎徑大小變異情形，同時比較 2 尾體型相近之個體，其不同個體各節脊椎骨椎徑之變異情形 (Fig. 4)，結果顯示第 8~10 節之椎徑變異最小，且椎徑較大，較易讀輪及量測輪徑，其中尤以第 10 節為最適部位；脊椎骨前段及尾端部位椎徑之變異雖亦很小，但椎徑較小較不適合。因現場採集樣本時無法精準地取得第 10 節脊椎骨，僅能儘可能採集脊椎骨變異最小之第 8~10 節部位帶回實驗室處理。若無法取得該部位之脊椎骨，亦帶回處理以提供為必要時比對輪紋數之用。

2.4 脊椎骨處理

脊椎骨攜回實驗室後，首先將附著於脊椎骨表面殘餘之肌肉及結締組織，以解剖刀約略清除，再將脊椎骨放入沸水中快速燙過（時間長短視脊椎骨大小而異），取出置於冷水中降溫並再次清除剩餘之結締組織，接著做成標識並置於冷凍庫中保存，待累積到相當數量後再

一併進行後續的處理。首先以不同濃度的酒精依序脫水，再以不同濃度的己戊醇取代酒精，最後以石蠟進行包埋，步驟詳如(Table 1) 所示。

表中所示步驟 0~9 之目的在增加脊椎骨的硬度，並將水分及酒精逐步脫去，使脊椎骨能被組織蠟完全的浸潤包埋，步驟 10~12 為浸潤包埋，目的在防止脊椎骨變形並利於切片之進行。

石蠟包埋後以低速硬組織切片機 (Isomet Low Speed Saw) 進行切片，將每節脊椎骨經中心點縱切為二 (Fig. 5)，再依序利用不同濃度的二甲苯與酒精進行脫蠟，最後將脊椎骨浸在 95% 酒精保存以利後續讀輪之用。

為避免前述之浸潤包埋處理法過程中，程序繁複且因脫蠟時浸漬二甲苯溶液中為時過久而導致脊椎骨變形無法讀輪，或因脫蠟不完全導致輪紋判讀困難之情形發生，遂嘗試在不使用石蠟包埋的程序下，將脊椎骨去除結締組織後置於光箱(light box)上直接讀輪，結果發現其輪紋亦清晰可讀，且同一尾魚之脊椎骨所讀之輪紋數與經石蠟包埋處理過之脊椎骨輪紋數相同，所以後續的脊椎骨讀輪皆以此法為之。

2.5 輪紋判讀與量測

經處理後之脊椎骨所顯現的成長帶，可用肉眼直接觀察、讀輪，並量測各輪徑。為提昇輪紋判讀的精確度，首先將樣本由筆者分批讀

輪不加記錄以累積讀輪經驗，接著再將每一脊椎骨各分批讀輪兩次並加以記錄，如結果相同則採用為該樣本之輪紋數，若不相同則進行第三次的讀輪，此次讀輪之結果如與前兩次之任一次結果相同者，亦視為該樣本之輪紋數(Joung et al., 2004)，若經三次讀輪其結果皆不相同者，則委請另一人讀輪，經其讀輪二次輪紋數皆相同者亦採用為該樣本之輪紋數，如經第三次讀輪，而三次所讀之輪紋數皆不同者，則捨棄該樣本。

2.6 輪紋判讀精確度分析

本研究為進一步求得更精確之讀輪結果，以平均百分誤差指數 (Index of average percentage error, IAPE) 來評估多次讀輪結果之誤差程度 (Beamish and Fournier, 1981; Simpfendorfer et al., 2000; Lessa et al., 2004)。其計算公式如下：

$$IAPE = 1/N \sum \left(1/R \sum \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right) \times 100\%$$

N : 總樣本數

R : 樣本重複計數之次數

X_{ij} : 第 j 個樣本於第 i 次計數之輪紋數

X_j : 第 j 個樣本重複計數之平均輪紋數

2.7 輪紋形成週期判定

當輪紋數判定後即以電子游標尺進行輪徑量測，自脊椎骨中心點量測至第一輪暗帶之外緣為第一輪，本研究以 r_1 稱之，自中心點至第二輪暗帶外緣為 r_2 ，依此類推，自中心點量測至脊椎骨最外緣為椎徑(R) (Fig. 6)。

脊椎骨輪紋形成期的判定，與一年所形成輪紋數之驗證則採用邊緣成長率 (marginal increment ratio, MIR) 的月別變化來加以分析(Berkeley and Houde, 1983 ; Ehrhardt, 1992 ; Natanson et al., 1995;

Tserpes and Tsimenides, 1995 ; Ehrhard et al., 1996 ; Campana, 2001 ; Sun et al., 2002 ; Chiang et al., 2004)。

邊緣成長率的公式如下所示：

$$MIR = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

式中： R：椎徑

r_n ：脊椎骨最外輪之輪徑

r_{n-1} ：脊椎骨次外輪之輪徑

2.8.1 全長與標準體長之關係

由於並非每一樣本皆能取得完整的全長與標準體長資料，因此以

體長資料完整的286尾樣本進行分析，以求得全長(TL)與標準體長(SL)之迴歸關係式：

$$TL = a + b SL$$

再利用共變異分析(Analysis of covariance；ANCOVA)檢定該關係式在雌、雄間是否有顯著差異？

2.8.2 體重與標準體長之關係

體重(BW)與標準體長(SL)關係，可以下式表示：

$$BW = a SL^b$$

其中a, b為常數。此關係式在雌、雄間是否有顯著差異？本研究以共變異分析(ANCOVA)檢定之。

2.8.3 標準體長與椎徑之關係

經慢速切片機縱剖後之脊椎骨，分別由中心點量測至最外緣得其椎徑(R)，椎徑與標準體長關係可以簡單直線性迴歸 $SL = a + b R$ 表示，此關係式雌、雄間是否有顯著差異？則利用共變異分析(ANCOVA)檢定之。

2.9 成長方程式參數之推估

將年齡與體長間的關係以數學式表達即為成長方程式，成長方程式以具有理論根據、能吻合實測值且處理容易者為佳(能勢等, 1988)。

在漁業上，用來描述魚類個體成長的模式有許多種，如 Robertson (Robertson, 1923); Gompertz (Gompertz, 1825); Brody (Brody, 1945); Richards (Richards, 1959); Schnute (Schnute, 1981) 以及 von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938) 等。

大多數大型魚類年齡成長的研究都直接以簡單的 von Bertalanffy 成長方程式去套適實際觀測所得或反推算而得之年齡與對應體長之資料，實際上並非所有魚類的成長皆適合以 von Bertalanffy 成長方程式來加以描述。該方程式有 (1)對於成長反曲點發生在早期生活史之成長模式無法正確描述 (Yamaguchi, 1975)，(2)容易造成極限體長的高估 (Yamaguchi, 1975; Pauly, 1979; Liu et al., 1998)，及(3)該成長模式缺乏彈性 (Hsu, 1991) 等缺點。雖然如此，但在諸多模式中卻以 von Bertalanffy 氏所導出之成長方程式較符合一般魚類生理生態的特性，且其計算過程中各參數 k 、 t_0 、 L_∞ 較易求得，因此常為學者所採用。

本研究為找出最能適當描述本種成長特性的成長方程式，將年齡與相對應之觀測體長資料分別套入 von Bertalanffy、Robertson 以及 Gompertz 三個成長模式，再利用 SAS 統計軟體之 PROC NLIN 程式，進行非線性迴歸 (Nonlinear regression) 分析比較，進而求得該成長方程式之諸參數。

三個成長方程式分別表示如下：

(1) von Bertalanffy 成長方程式

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

(2) Robertson 成長方程式

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

(3) Gompertz 成長方程式

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

式中各參數意義如下：

L_t ：t 年齡時的體長

L_∞ ：理論極限體長

k：成長係數

t：年齡（從出生開始算起）

t_0 ：體長為 0 時之理論年齡

2.10 瞬時成長速率

為瞭解成長速率隨年齡的變化情形，本研究將所求得之 von Bertalanffy、Robertson、Gompertz 三個成長方程式，分別對年齡進行一次微分以求得其瞬時成長速率。經一次微分後之方程式分別表示如下：

(1) von Bertalanffy

$$\begin{aligned}dL_t / dt &= d[L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})] / dt \\ &= L_{\infty} \times k \times e^{-k(t-t_0)}\end{aligned}$$

(2) Robertson

$$\begin{aligned}dL_t / dt &= d[L_{\infty} / (1 + e^{-k(t-t_0)})] / dt \\ &= L_{\infty} \times k \times e^{-k(t-t_0)} / (1 + e^{-k(t-t_0)})^2\end{aligned}$$

(3) Gompertz

$$\begin{aligned}dL_t / dt &= d[L_{\infty} e^{-e^{-k(t-t_0)}}] / dt \\ &= L_{\infty} \times k \times e^{-k(t-t_0)} \times e^{-e^{-k(t-t_0)}}\end{aligned}$$

2.11 最佳成長方程式之判定

為比較 von Bertalanffy、Robertson 以及 Gompertz 三個成長模式，何者最能適切描述矛尾翻車純年齡與成長，本研究利用判定係數 (Coefficient of determination; r^2)，及 AIC 值 (Akaike's Information Criterion; Haddor, 2001) 來探討各成長模式對本種之適切度。判定係數數值愈高且 AIC 之數值愈低，表示描述本種成長情形之能力愈佳。

AIC 值之計算如下：

$$AIC = n \times \ln(MSE) + 2k$$

式中各參數意義如下：

n ：總樣本數目

MSE ：殘差均方 (Residual mean square)

k ：模式中所推估之成長參數個數

2.12 雌、雄成長方程式差異之檢定

為進一步探討矛尾翻車魷雌、雄兩性間之成長是否有差異存在？

本研究以最大概似比率法 (Maximum likelihood ratio test) 分別檢定上

述三成長方程式在雌、雄兩性間之差異情形。

第三章 結果

本研究所採得之樣本資料總計 371 尾，其中雄性 175 尾、雌性 104 尾、性別不明者 92 尾(Table 2)。在所有採集的樣本中，體長（包括標準體長及全長）、體重資料皆完整者有 287 尾，其中雌魚 105 尾、雄魚 160 尾、性別不明者佔 22 尾(Fig. 7)。樣本的體長分布範圍，雌魚為 42~195 cm SL，雄魚為 38~158 cm SL，樣本大多集中在 80~119 cm SL 內(雌魚 68.27%，雄魚 73.13%)，體長大於 158 cm SL 以上之樣本皆為雌魚。

3.1 全長與標準體長之迴歸關係

雌、雄魚全長與標準體長直線迴歸關係式分別表示如下：

$$\text{雌： TL} = 7.759 + 1.166\text{SL} \quad (r^2 = 0.980, n = 105, P < 0.05) \quad (\text{Fig. 8a})$$

$$\text{雄： TL} = 3.698 + 1.204\text{SL} \quad (r^2 = 0.971, n = 160, P < 0.05) \quad (\text{Fig. 8b})$$

經共變異分析檢定結果顯示，全長與標準體長之迴歸關係雌雄間有顯著差異($P < 0.05$)，因此將雌、雄迴歸式分別表示。

3.2 體重與標準體長之迴歸關係

雌、雄魚之體重與標準體長的迴歸關係表示如下：

雌： $BW = 9.98 \times 10^{-4} SL^{2.45}$ ($r^2 = 0.987, n = 105, P < 0.05$) (Fig. 9a)

雄： $BW = 3.33 \times 10^{-4} SL^{2.68}$ ($r^2 = 0.986, n = 160, P < 0.05$) (Fig. 9b)

經共變異分析檢定結果顯示，體重與標準體長之關係雌雄間差異顯著 ($P < 0.05$)，因此將雌、雄迴歸式分別表示。

3.3 標準體長與椎徑之迴歸關係

經共變異分析檢定結果顯示，標準體長與椎徑的迴歸關係雌雄間有顯著差異 ($P < 0.05$)，故將其分開處理。其關係式分別為：

雌： $SL = 3.383 R + 8.229$ ($r^2 = 0.962, n = 84, P < 0.05$) (Fig. 10a)

雄： $SL = 3.513 R - 0.243$ ($r^2 = 0.847, n = 135, P < 0.05$) (Fig. 10b)

3.4 年齡形質之判定

矛尾翻車魮因脊椎骨較大、採集較易、輪紋清晰可辨，所以本研究首先考慮以脊椎骨作為年齡成長研究查定的形質。本種之脊椎骨共 17 節，脊椎骨節數不會隨魚體成長而增加；椎徑與體長間也呈比例的直線迴歸關係；脊椎骨輪紋以肉眼即可辨識且其成長輪紋數也會隨魚體的成長而增加。綜合以上所述，矛尾翻車魮之脊椎骨均能符合各項作為年齡查定研究之基本條件，故脊椎骨確可為本研究矛尾翻車魮年齡成長研究之有效形質。本研究藉由 2 尾完整脊椎骨樣本分析各節椎徑

之變異情形，選定脊椎骨之 8~10 節部位做為年齡成長研究。

3.5 輪紋判讀之精確度分析

本研究所蒐集 371 尾樣本中，脊椎骨無法採集者共 69 尾，有脊椎骨並完成判讀輪紋者 302 尾，其中無量測體長資料僅記錄其體重資料者有 57 尾樣本，這些資料保留備用。尚餘 245 尾資料完整的脊椎骨樣本，其中經三次讀輪紋數皆不同而遭捨棄者有 22 尾，佔總讀輪紋樣本之 7.28 %。輪紋數經確定的 219 尾脊椎骨樣本中，雄性 135 尾(61.64 %)，雌性 80 尾(36.53 %)，性別不明者 4 尾(1.83 %)。讀輪之百分誤差指數(IAPE)為 3.27 %。

3.6 輪紋形成期之判定

本研究以脊椎骨輪紋的不透明帶(暗帶)為計數輪紋的標準，雌魚輪紋最高可判讀至 23 輪(195 cm)，最少為 2 輪(42 cm)，雄魚最高可判讀至 16 輪(158 cm)，最少為 1 輪，(38 cm 及 41 cm SL) (Table 3a,b)。脊椎骨邊緣成長率月別變化情形顯示，不論雌、雄其邊緣成長率都在 3~4 月間處於最低值，(雌魚 0.056，雄魚 0.059)，之後逐月緩步上升，到次年 2~3 月間達最高峰(雌魚 0.988，雄魚 0.993)，隨後迅速下降(Fig. 11a, b)，形成新的輪紋。雄魚的 MIR 月別變化有很明顯與規則的週期

性，雌魚 MIR 月別變化在 6~8 月間有稍許的不規則出現，可能為樣本數過少所致(6、7 月各為 2 個樣本，8 月僅 3 個樣本)，2 月的 MIR 值也很高(0.86)，也僅只 1 個樣本，Lessa (2006)等人表示，樣本數太少的月份，MIR 值極易因誤估而造成不規則的現象。但以整體而言，本種不論雌、雄魚之脊椎骨輪紋皆具週期性變化，一年形成一輪，輪紋形成期在每年的 3~4 月間，且大約於 4 月之前完成。Fig. 12 所示為各輪數的體長散佈圖，顯示矛尾翻車純脊椎骨輪紋數會隨著體長的增加而增加(Table 3a,b)。

3.7 各輪紋形成時之平均輪徑

本研究所採脊椎骨樣本雌、雄分別最多可判讀至 23 及 16 輪。Table 4a、b 所示即雌雄別各輪紋形成時之平均輪徑。表中資料顯示，雄魚不同輪群別之同一輪徑很明顯的有隨年齡增加而逐漸縮小的李氏現象(Lee's phenomenon)發生，雌魚除較高齡樣本(14 輪以上)之李氏現象較不明顯外，大多數樣本亦皆出現明顯的李氏現象，可能為樣本較少所致。但以整體而言，本種脊椎骨之輪徑有明顯的李氏現象。

3.8 輪紋形成期之判定

本研究依邊緣成長率之月別變化判定輪紋形成時期在 3~4 間，為

便於計算年齡因此將輪紋形成時間統一定在 3 月 1 日。出生日期雖無發育成熟之性腺資料可加以確認，唯張(個人通訊)曾於 2003 年 5 月份觀測到一尾卵巢發育成熟，即將產卵之雌魚，其生殖腺重達 17 kg，以及 Yabe (1950) 記載曾於 1949 年 6 月 28 日在南大東島東南海域 (131.15°E, 25.40°N) 觀測到一尾棘鱗的胃內容物中有 7 尾矛尾翻車魷的仔魚(體長約 22.5 mm)。因此推測本種之生殖期可能在春、夏之間。本研究為後續計算年齡之用，將本種之出生(孵化)日期統一訂在 7 月 1 日，據此推估本種脊椎骨輪紋第一輪形成時之年齡為 0.75 歲，第二輪形成時為 1.75 歲，依此類推。

3.9 成長方程式之推估與比較

將各樣本觀測體長與對應年齡之資料分別套入 von Bertalanffy、Robertson 及 Gompertz 三個成長方程式中，再利用 SAS 統計軟體進行非線性迴歸分析，所求得之成長式分別表示如下：

von Bertalanffy 成長方程式

$$\text{雌：} L_t = 262.5 [1 - e^{-0.046(t+3.349)}] \quad (r^2 = 0.996, n = 80, P < 0.05)$$

$$\text{雄：} L_t = 231.0 [1 - e^{-0.059(t+1.852)}] \quad (r^2 = 0.999, n = 135, P < 0.05)$$

Robertson 成長方程式

$$\text{雌} : L_t = 192.8 / (1 + e^{-0.155(t-6.719)}) \quad (r^2 = 0.996, n = 80, P < 0.05)$$

$$\text{雄} : L_t = 167.2 / (1 + e^{-0.206(t+5.815)}) \quad (r^2 = 0.998, n = 135, P < 0.05)$$

Gompertz 成長方程式

$$\text{雌} : L_t = 211.1 e^{-e^{-0.100(t-4.241)}} \quad (r^2 = 0.996, n = 80, P < 0.05)$$

$$\text{雄} : L_t = 182.4 e^{-e^{-0.134(t-3.930)}} \quad (r^2 = 0.999, n = 135, P < 0.05)$$

以最大概似比率法檢定，結果顯示 von Bertalanffy、Robertson 及 Gompertz 三成長方程式雌、雄兩性間均有顯著差異 ($P < 0.05$)，故皆分別表示 (Table 5)。

3.10 成長速率

將 von Bertalanffy、Robertson 及 Gompertz 三個成長方程式分別一次微分，得到各年齡之瞬時成長速率如下：

von Bertalanffy：

$$\begin{aligned} \text{雌} : dL_t / dt &= d [L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})] / dt \\ &= d [262.5 (1 - e^{-0.046(t+3.349)})] / dt \\ &= 12.08 e^{-0.042(t+3.075)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{雄：} dL_t / dt &= d [L_{\infty}(1-e^{-k(t-t_0)})] / dt \\
&= d [231.0 (1-e^{-0.059(t+1.852)})] / dt \\
&= 13.72 e^{-0.121(t+1.554)}
\end{aligned}$$

由 von Bertalanffy 成長式求得出生後第 1 年之成長速率，雌雄分別為 9.89 及 11.58 cm/year。第 2~5 年之成長速率為 9.45~8.23 及 10.92~9.13 cm/year。第 6~10 年之成長速率為 7.86~6.54 及 8.61 ~6.79cm/year。第 11~16 年之成長速率為 6.24~4.96 及 6.40~4.75 cm/year。第 17~20 年雌魚之成長速率為 4.74~4.13cm/year。第 21~23 年雌魚之成長速率為 3.94~3.59cm/year。

雌、雄魚之成長速率隨年齡之增加而逐漸降低，12 歲前雄魚成長速率皆高於雌魚，13 歲後雌魚之成長速率反高於雄魚。

Robertson：

$$\begin{aligned}
\text{雌：} dL_t / dt &= d [L_{\infty} / (1+e^{-k(t-t_0)})] / dt \\
&= d [192.8 / (1+e^{-0.155(t-6.719)})] / dt \\
&= 29.94 e^{-0.155(t-6.719)} / (1+e^{-0.155(t-6.719)})^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{雄：} dL_t / dt &= d [L_{\infty} / (1+e^{-k(t-t_0)})] / dt \\
&= d [167.2 / (1+e^{-0.206(t-5.815)})] / dt \\
&= 34.43 e^{-0.206(t-5.815)} / (1+e^{-0.206(t-5.815)})^2
\end{aligned}$$

由 Robertson 成長式求得出生後第 1 年之成長速率，雌雄分別為 6.18 及 6.80 cm/year。第 2~5 年之成長速率為 6.56~8.23 及 7.40~9.13 cm/year。第 6~10 年之成長速率為 7.46~7.02 及 8.60~7.19 cm/year。第 11~16 年之成長速率為 6.72~4.63 及 6.55~3.35 cm/year。雌魚第 17~20 年之成長速率為 4.19~3.00 cm/year。第 21~23 年之成長速率為 2.65~2.05 cm/year。

不論雌雄，於生活史前期，其成長速率與年齡相對增加，至雄魚 6 歲、雌魚 7 歲時成長速率達最高，隨後則隨年齡增加而逐漸降低。10 歲前雄魚成長速率高於雌魚，11 歲後雌魚成長速率反高於雄魚。

Gompertz :

$$\begin{aligned} \text{雌：} dL_t / dt &= d [L_{\infty} e^{-e^{-k(t-t_0)}}] / dt \\ &= d [211.1 e^{-e^{-0.100(t-4.241)}}] / dt \\ &= 21.17 e^{-0.100(t-4.241)} e^{-e^{-0.100(t-4.241)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{雄：} dL_t / dt &= d [L_{\infty} e^{-e^{-k(t-t_0)}}] / dt \\ &= d [182.4 e^{-e^{-0.134(t-3.930)}}] / dt \\ &= 24.51 e^{-0.134(t-3.930)} e^{-e^{-0.134(t-3.930)}} \end{aligned}$$

由 Gompertz 成長式求得出生後第 1 年之成長速率，雌雄分別為 7.34 及 8.25 cm/year。第 2~5 年之成長速率為 7.58~7.77 及 8.69~8.93 cm/year。第 6~10 年之成長速率為 7.67~6.78 及 8.71~6.97 cm/year。第 11~16 年之成長速率為 6.47~4.79 及 6.44~3.97 cm/year。雌魚第 17~20 年之成長速率為 4.47~3.55 cm/year。第 21~23 年之成長速率為 3.27~2.77 cm/year。

不論雌雄，於生活史前期，其成長速率與年齡相對增加，成長至 4 歲時成長速率同時達到最高，隨後則隨年齡增加而逐漸降低。10 歲前雄魚成長速率高於雌魚，11 歲後雌魚成長速率反高於雄魚。

3.11 成長模式之比較

雌、雄三種成長方程式之判定係數 (r^2) 及 AIC 如(Table 6.)均顯示，其中雄魚之 von Bertalanffy 成長方程式均有最高的判定係數值及最低的 AIC 值。亦即該成長模式對於本種的成長情況具有最佳的描述能力。雌魚在三種成長方程式中 r^2 皆相同，而三個成長方程式之 AIC 值也相差不多，但以 VBGE 之 AIC 值為最低。故本研究建議以 von Bertalanffy 成長方程式(Fig. 13a、b)來代表本種之成長特性。

第四章 討論

4.1 採集樣本資料分析

本研究隨機採樣，所採得樣本未能涵蓋全部範圍(Fig. 7)，大多數樣本之標準體長範圍皆集中於 80~119 cm 之間，70 cm 以下樣本較少，且不論雌、雄均缺少 38 cm 以下之樣本，160 cm 以上之樣本為數亦不多(8 尾)，皆為雌魚。雌魚之體長分布範圍較雄魚廣，此情形亦普遍存在於其它研究之體長樣本分布，如旗魚類(Sun et al., 2002; Chiang et al., 2004)。

所採樣本大多來自花蓮七星潭附近海域之定置網，此種漁法之作業水深約僅在 50 m 以淺的水層，台灣東部海岸定置網的垣網設置成橫斷北赤道暖流(黑潮) 流經方向，以攔截隨黑潮向北洄游至台灣東部沿岸的魚群。本種 80~119 cm 體長範圍之個體可能隨黑潮北上近岸覓食，或因較適台灣東部沿岸之海洋環境及棲息水深，故而漁獲頻度最高。但事實真相為何，受限於資料不足，無法做更深入的探討與分析。

由採樣體長頻度分佈圖中也可看出雌、雄間之樣本數有顯著差異(雌魚 105 尾，雄魚 160 尾，性比為 1:1.5)，如前述本研究隨機採樣，若採樣無偏差，本種可能雄魚多於雌魚。類似情形也常出現在其他魚種，Schaefer (2001)指出大多數有關鮪類的研究，在適當的樣本數下，

一般性比皆非為 1:1，且體長範圍愈大，雄魚愈有較大的優勢。

另外據採樣經驗所得，每遇豐漁(冬季)時，常見同一定置網、同一網次之本種漁獲大多性別相同，平日則因數量不多，較少注意。探討其原因可能為本種有雌、雄魚分開群聚或棲息之習性。此情形也經常出現在其他魚類，John and Chen(1995)的研究曾指出，鮫類的雌雄個體常會分開棲息，例如：本研究海域經常出現的紅肉丫髻鮫(*Sphyrna lewini*) (Clarke, 1971; Branstetter, 1987a)。

本研究所採集樣本中，雌魚最大標準體長為 195cm，遠大於雄魚的 158cm，依本研究推算年齡所得結果，158 cm SL 以上為 16 歲以上之高齡魚，樣本中無高齡雄魚的原因可能為(1)採樣偏差所致，(2)本種之雄魚壽命比雌魚短，所以樣本中缺乏高齡雄魚，(3)本研究海域及漁獲水深非為本種高齡雄魚洄游或棲息之水域。此現象亦常見於旗魚 (Sun et al., 2002; Chiang et al., 2004) 的研究，至於真正的原因為何則有待後續的研究與探討。

再者，依本研究推算年齡所得結果，38 cm SL 以下為 1 歲以下之幼魚，缺乏樣本的原因可能為(1)本種之繁殖場不在本研究海域，所以無剛出生之幼魚被漁獲，(2)漁獲水深(50 m 以淺) 非為本種幼魚之棲息水層。訪談南方澳漁民認為，本種之繁殖場可能在離本島東部沿岸較遠之斷層水域(親魚深潛產卵)，孵化後之仔魚亦暫時留滯該區，待成長

至體型稍大後才會隨洋流漂離，或游上表水層(本島東部沿岸之陸棚區)，成為新的加入族群。這個推測只能提供為有關本種生殖之一個思考方向，至於實際狀況為何則有待蒐集更多的資料來加以證實。目前有關此部分的文獻記載僅見於日本水產學會(Yabe, 1950)，可做為本種之繁殖場可能不在台灣東部海域之一佐證資料，及造成採集樣本中無幼魚之可能原因而已。

綜合以上，由本研究所採集樣本分布範圍及頻度分析可推測，本種可能有雌雄以及同年級群分別群聚的習性。

4.2 年齡成長研究方法分析

年齡成長研究為漁業生物學研究的基礎，也是資源管理的重要依據。研究魚類的成長、攝食、繁殖、洄游等各種生命機能時，若欠缺年齡資料，就無法完全了解它們在整個生活史中不同階段的變化情形。年齡成長之研究方法很多，有關魚類年齡查定方法，據 Cailliet (1990) 之歸納可分以下七種：(1)成長方程式參數的推估及反推算法；(2)體長頻度分析法(Length frequency analysis)；(3)年齡形質的邊緣成長、組織學的特徵、及化學元素的微量分析；(4)利用放射性能量半衰期之查定法；(5)飼育法；(6)標識再捕法(Tag-recapture)；以及(7)施打四環素(tetracycline)作為成長標記的研究(OTC注射法)。

上述七種方法中飼育法與標識再捕法因耗財費力且其成長速度大多與自然狀態不同等缺點較少被採用（能勢等, 1988）。國內目前僅張於 2005 及 2006 在七星潭各標識放流一尾矛尾翻車魷，以人造衛星籤做洄游路徑的研究，並未進行年齡與成長的估計。由體長頻度分析法所做之研究需大量的樣本採集，且假設每一年級群之魚體是常態分佈的，且此法通常只能明顯見到低齡魚所形成的峰，較高齡魚所形成的峰彼此間的距離會隨著年齡的增加而逐漸縮短，高度重疊在一起，很難分離。此外，若產仔季節拖的太長，或成長太緩慢，則相鄰的兩峰可能有部分會重疊，亦很難將各峰分離（King, 1995），本研究因受限於樣本數及樣本體長分佈頻度不均，無法做此研究。至於 OTC 注射法，部份學者則對於其注射後是否會影響魚類成長存有疑慮，且目前國內尚無本種之養殖，所以無法做此研究。而年齡形質法之處理過程雖然較為繁瑣，卻能反應出該魚之實際成長狀況（能勢等, 1988），以及基於研究經費的考量因素，普遍為大多數學者所採用，本研究也依循此法做矛尾翻車魷的年齡成長研究。

4.3 輪紋形成期之探討

脊椎骨輪紋之形成，係因成長的差異所導致。在魚體體長增長的同時，脊椎骨或其它各種骨骼組織也相對應地增長，所以魚體在不同

季節的成長差異，也必然會反映到脊椎骨等的增長上。諸多研究均提及，年輪的形成與季節變化、攝食(餌料多寡)、水溫以及環境的變化有密切關係 (Stevens 1973; Pratt and Casey, 1983; Joung et al., 1992 ; Joung et al., 2004; Joung et al., 2005)。殷 (1998) 則認為年輪形成的成因除這些變化外，還要加上生殖因素的考量。例如許多已達性成熟個體，往往會先累積能量，待產仔完畢後才開始自體成長，形成年輪。

本研究矛尾翻車魷之年輪形成，所採集樣本中不論雌、雄，也不論成熟或未熟，皆同樣在春季(3月)完成，並無如上述殷(1988)所提之問題出現。採集樣本雖未能涵蓋整個生活史階段，但其中亦不乏已成熟個體，且本種為洄游性魚種，所以本研究初步認為本種年輪的形成可能與季節的變化、攝食環境及水溫變化的關聯較大。

多位學者認為在使用邊緣成長率(MIR)分析時，常會因較高年級群之脊椎骨外緣輪紋難以辨識而導致判讀上的誤差，所以建議做邊緣成長率分析時所使用的樣本盡量採用低齡魚(Beamish et al.,1983; Brothers 1983; Cailliet et al.,1986; Campana 2001)。

根據本研究結果顯示，所採樣本絕大部分集中在中、低年級群，且較高齡之樣本數較少，又大多為雌魚，當不致對雄魚輪紋形成週期之判定結果造成影響。由邊緣成長率月別變化情形來看，雄魚表現很規則的週年性變化，雌魚大致看來雖亦具週年性變化，但其間曾出現

稍許不規則現象(如6~8月)，除了樣本數較少的因素(Lessa et al., 2006)外，也有可能是受較高齡個體脊椎骨外緣輪紋判讀上的誤差所造成的影響。受限於雌魚樣本數原本就不多，難以捨棄高齡之樣本，若樣本數夠多，能完全採用中、低齡魚資料，則雌魚之邊緣成長率月別變化情形或也可能與雄魚表現同樣規則的週年性變化。

此外，Lessa (2006)等人也認為，如採樣期間過長(超過一年以上)，生命週期中所發生的重要機制(如：生殖、遷徙、攝食環境變化、交配等)並非固定在每年的同一時間(同一月份)發生，如此也有可能造成輪紋形成期的誤估，而本研究所使用樣本之採樣期間超過3年以上，不無可能影響脊椎骨邊緣成長率月別變化的規則性。所以Brothers (1983)認為，若資料蒐集期間過長時，生態系統的時空變化因素也應列入考慮範圍，礙於資料不足，本研究尚無法做更詳盡的分析與探討。

本研究依MIR之週年性變化情形判定本種脊椎骨輪紋一年形成一輪，不論雌、雄，MIR值皆在每年的3~4月間達最高，2~3月間則降至最低。MIR值接近於1表示輪紋即將形成，MIR值接近於0表示輪紋剛(已)形成(Carlson et al., 1999; Lessa et al., 2006)，年間以3月之MIR值變異最大，故而將本種脊椎骨之輪紋形成期定在3月1日。並為後續計算年齡之用，根據Yabe (1950)所記載曾觀測到矛尾翻車純仔魚

的時間、地點，以及張(個人通訊)曾於 2003 年 5 月份觀測到一尾卵巢已發育成熟 (重達 17 kg)，即將產卵之雌魚記錄，保守推測本種之生殖期可能在春末夏初之際。雖然 Yabe 之記載於 6 月 28 日即觀測到本種已孵化之仔魚，但因(1)生殖期僅為一時間範圍，個體間會有先後差異，(2)本種之生殖期或因時空環境不同而有些許變動 (如海域、氣候、水溫、攝食環境等因素)，(3)本研究採樣期間，在 5 月份所觀測到成熟雌魚之生殖腺均尚未達產卵階段等原因，所以為方便計算年齡之用，本研究將矛尾翻車魷之出生日期統一定為 7 月 1 日。

4.4 輪紋判讀精確度分析

本研究在捨棄經三次讀輪，輪紋數皆不同之 22 個樣本(佔總讀輪樣本數之 7.28%)後，計算平均百分誤差指數 (IAPE) 值為 3.27%。由於目前尚無翻車魚相關文獻可供參考比較 IAPE 值，因此以其他魚種的研究結果來進行比較。Lessa et al. (1999) 之研究結果所得，污斑白眼魷 (*Carcharhinus longimanus*) 之 IAPE 值為 3.0%，與本研究結果之 IAPE 值相去不遠。若較之 Wintner and Cliff (1995) 黑邊鰭白眼魷 (*C. limbatus*) 的研究結果 IAPE 值為 13.0%，本研究讀輪結果之 IAPE 值則明顯低了許多。由此顯示本研究之年齡判定過程一致性相當高，誤差值為可接受範圍。雖然如此，本研究讀輪過程中也曾發現輪紋間有細小的複輪

紋(multiple bands)出現。一般而言，各輪紋間之輪距應有其規律性，且愈外圈之輪距愈小。本研究藉由其他清楚輪紋之輪距，以及該細小輪紋有否形成完整的一圈輪紋？來決定其是否為有效輪紋，如無法確定，為求讀輪結果之正確性則寧可捨棄該樣本不用。

4.5 成長方程式之比較

本研究為求得本種成長參數之最佳估計值，分別利用 von Bertalanffy、Robertson 和 Gompertz 三個成長方程式來描述台灣東部海域矛尾翻車魷之成長情形，並進行比較與判定最佳成長模式。最佳成長模式的判定，除了利用判定係數 (r^2) 來判定外，也同時採用 AIC 值來判定，AIC 是選擇模式時常用的判定準則，數值愈小愈能適切描述其成長情形。Akaike (1973) 表示，在比較估計參數數目不同的方程式時，AIC 具有較良好的模式選擇能力。

從 Table 3-5 可以發現，雄性矛尾翻車魷在三個成長方程式中很明顯的以 von Bertalanffy 成長方程式的相關係數 (r^2) 最高，且 AIC 值最小，所以本研究認為 von Bertalanffy 方程式最能解釋本種雄魚之生長情形。雌魚在三成長方程式中無論是判定係數或是 AIC 值，彼此差異均不大，但以 Robertson 成長方程式之 r^2 最低，AIC 值卻最高，描述本種成長情形之能力相對最低。von Bertalanffy 及 Gompertz 兩成長方程式

之 r^2 及 AIC 值差異甚小，但 von Bertalanffy 成長方程式的相關係數與 Gompertz 成長方程式並無差異，AIC 值又稍低於 Gompertz，描述本種成長情形之能力相對最佳，所以同樣地表示 von Bertalanffy 成長方程式相對最能解釋本種雌魚之生長情形。

同時，三成長方程式所估得之極限體長中，von Bertalanffy 成長方程式雌、雄各為 262.5 cm 及 231cm，Robertson 各為 192.8 cm 及 167.2 cm，Gompertz 各為 211.1 cm 及 182.4 cm。Fig. 14a, b 分別為三成長曲線圖。von Bertalanffy 成長方程式所得結果相對最接近實際最大觀測體長，其餘兩成長方程式所得之極限體長均太小，尤以 Robertson 所得雌魚之極限體長甚至出現小於本研究之最大觀測體長的明顯不合理現象，所以本研究仍選擇以 von Bertalanffy 成長方程式做為用以描述本種成長情形之成長方程式。

4.6 成長方程式各參數之比較與分析

本研究所估計的 von Bertalanffy 成長方程式中雌魚之極限體長為 262.5 cm (314 cm TL)，極限體重為 838 kg。而雄魚之極限體長為 231 cm (282cm TL)，極限體重為 702 kg。此結果與 Fish base 所記載，大西洋海域本種雄魚最大觀測體長(全長)為 337 cm，體重約 2000 kg (因魚體過重無法實際量測) 頗有差距。造成此差異可能的原因為：(1)本研究

所採集樣本不論雌雄魚大多集中在 80~119 cm 之間，可能影響成長方程式極限體長之推估 (King, 1995)。(2) 本種在本研究海域屬高度開發之魚種，魚體有較小型化之趨勢(張，個人通訊)，若樣本中缺乏高齡魚資料，而以較小的樣本資料帶入成長方程式，所求得之極限體長也可能會有低估的情形 (King, 1995; Bishop et al., 2006)。(3) 高齡魚之年齡低估，造成成長曲線右邊的斜度壓低，進而影響成長趨勢及極限體長的推估 (Bishop et al., 2006)。(4) Fish base 所記載的資料來自大西洋海域，雖為同種但可能為不同的系群，不同系群以及生活在不同海域之魚類，其成長可能會因餌料多寡、水溫高低以及棲息之環境條件不同而影響其成長 (Joung et al., 2005)。

出現在不同海域之同一魚種，體型上差異的情形在其他魚種也很常見，以軟骨魚類之深海狐鮫為例，Gilmore (1983)指出，在佛羅里達附近海域出現之深海狐鮫最大觀測體長為 450 cm，Guitart (1975)於古巴附近海域發現之深海狐鮫最大觀測體長為 452 cm，Grey (1928)於紐西蘭海域所觀測之最大體長為 458 cm，這些海域所出現之最大觀測體長皆相差不多，而姜(1995)的研究則表示台灣東北部海域所出現之最大觀測體長為雌魚 422 cm，雄魚 357cm，明顯小於上述其他研究海域。但以硬骨魚類之白皮旗魚為例，劉(2006)的研究表示，在澳洲海域所捕獲白皮旗魚的體長卻較台灣東部海域的小。所以，洄游於不同海域

的同一魚種可能因餌料生物充足與否，或其他海洋環境等因素的不同而成長各異(Joung et al., 2005)。另外，如前述本研究推測本種可能有各年級群分別群聚之習性，或可能因為所使用的漁具漁法或作業海域的不同，而造成漁獲物體型上的差異。

本研究所採集樣本中最大標準體長僅 195 cm，全長 220 cm，體重 409 kg，明顯小於極限體長、體重，可見本研究所採樣本多集中在中、低齡魚，並未涵蓋本種整個生活史階段。成長研究若樣本資料多集中在中、低齡魚的情況下，所估計的成長方程式可能無法正確描述其整個生活史階段的成長情形 (陳等，1974)。此缺點有待後續蒐集更多、更完整的資料來加以改善。

Branstetter (1987) 曾針對 von Bertalanffy 成長方程式中的 k 值歸納出以下的三個範圍， k 值介於 0.05~0.10/ yr 之間者為成長緩慢的種類；介於 0.10~0.20/ yr 之間者為一般性成長速率的種類；至於介於 0.20~0.50/ yr 之間者則為成長快速的種類。

本研究所得結果，雌、雄之 k 值分別為 0.046 及 0.059/ yr，在 Branstetter (1987) 的界定下屬於成長緩慢的種類。但雌、雄所得之極限體長有相當程度的差距(雌魚 $L_{\infty} = 262.5$ cm SL； 雄魚 $L_{\infty} = 231$ cm SL)。可能的原因為(1)樣本中較大個體(158 cm 以上者)皆為雌魚，雄魚則無，如此可能導致雌雄兩成長方程式所得之理論極限體長的差異

情形。(2)本研究用於計算成長方程式之雌魚樣本數明顯少於雄魚，而雌魚體長分布範圍卻反而比雄魚廣(雌魚體長分布範圍 42~195 cm，雄魚為 38~158 cm)，且雄魚樣本大部分集中在 80~119 cm 之間(73.13 %)，體長分佈頻度明顯不均，範圍又不夠廣。King (1995)表示，若樣本中無稚齡魚資料，成長方程式完全由成魚資料來反推，其參數可能會高估或低估，本研究即出現此問題。

由 von Bertalanffy 成長方程式所得結果雄魚之 $t_0 = -1.852$ ，雌魚之 $t_0 = -3.349$ ，雌、雄魚之 t_0 值差異可能為雌魚體長分布範圍較廣，VBGE 成長趨勢可能為少數幾個高齡樣本所影響，或者低齡樣本之輪紋數高估，使 t_0 值較遠離於理論值 0。要改善此缺點唯有等待機會蒐集較多的極大、極小樣本資料，使體長分布範圍儘可能涵蓋整個生活史階段來加以改善。總之，由本研究雌、雄魚之成長方程式可看出，本種在不同生活史階段之成長情形應不相同，雌、雄間也互異，因此，本研究之成長方程式僅建議做為描述雌、雄魚樣本範圍內生活史階段之成長情形。

本研究曾嘗試將雌魚最大之 4 個樣本暫時忽略，希望在同一條件下，利用最大概似比率法檢定雌、雄間之差異情形，結果顯示在此情況下雌雄兩性間之成長亦有顯著差異($P < 0.05$)，表示本研究雌、雄兩性間之成長差異原因，可能不僅止於幾個較大個體資料之影響，亦可

能受到雄魚樣本體長分佈不夠平均以及樣本中缺乏剛出生的仔稚魚資料所影響；亦有可能本種雌雄兩性間棲息環境、生殖或攝食條件不同，所造成的成長差異，至於真正原因為何則有待未來更進一步的探討與研究。

4.7 成長速率之分析

將 VBGE 成長方程式一次微分後所得各年齡之瞬時成長速率可看出，本種之成長速率隨年齡之增加而逐年下降，且雄魚每年之成長速率皆大於雌魚，6 歲以後雌、雄魚每年的成長差距就逐漸拉近，到 13 歲後雌魚的成長速率反倒高於雄魚。雌魚 20 歲以後的成長速率就漸趨緩和，但 23 歲時還有 3.59 cm / yr 的成長速率，而雄魚 16 歲時仍有 4.75 cm / yr 的成長速率，若比照雌魚的成長情形來看，雄魚應該還有比本研究最大觀測體長還要大的個體存在，只是沒採集到樣本而已。依本研究推算年齡所得結果，雌魚 6 歲之平均標準體長為 96 cm，平均體重為 62 kg，根據過去採樣經驗所得，6 歲以上之雌魚可能即將發育達性成熟階段(曾觀測到體重 80 kg 卵巢已發育完全之性成熟雌魚)，有可能需要先行自體成長，擴充體腔以做為容納體積龐大的生殖腺之準備，所以 6 歲至 13 歲雌魚每年之成長速率逐漸追上雄魚，甚至超過雄魚。至於事實的真相如何？由於目前無法做有關生殖方面的研究，對於本

種性成熟階段仍屬未知，無法進一步的加以推測與分析。

4.8 管理建議

本研究結果顯示，洄游於台灣東部海域之矛尾翻車魷具有與大型軟骨魚類相似的生活史特性，例如成長緩慢、體型大、壽命長等，但繁殖策略則截然不同，本種擁有極高的繁殖能力。高繁殖能力固然是資源回復的基礎，但並不代表資源增加的能力亦較高。因為為數龐大的卵子往往成為其他中、小型魚類的餌料生物，成功活存的機率並不可知。且本種為成長緩慢的魚種，若長期過度開發本漁業，連續大量捕撈成魚及幼魚，造成再生產力下降，則資源將可能急速銳減並面臨崩潰、枯竭的命運。

本種過去主要為定置網所漁獲，此漁法大多不會對魚體造成傷害，建議有關單位能正視本種漁業即將面臨的問題，在不傷害漁民利益的情況下，有計畫的保育本種資源。例如每年於生殖季節固定休漁以及將漁獲之幼魚適度的放生等。台灣東部沿岸之定置網在每年的夏季(颱風季節)都會收網休漁 2~3 個月，此時適逢本種之生殖季，雖推測本種之繁殖場不在本研究海域，但每年一段時間的休漁也恰好給予本種資源一個休養生息的機會。

近來，翻車魚之高經濟價值使得大網目流刺網船以本種為目標魚

種，在台灣東部海域積極開發本種漁業，漁獲量甚至超過定置漁業(張，個人通訊)。相較於定置網漁業，此種漁具漁法可能較不利於本種資源，因本種體型為側扁形，不易通過網目，且泳速較慢，較易為大網目流刺網所漁獲，若不及時加以管理，極易造成本種資源的耗損並面臨崩潰的命運。期望相關單位能正視此一問題，在高度依賴本種漁業資源的此時，及時針對本種資源量加以評估並積極進行管理，也唯有如此方能永續經營本種漁業。期盼本研究所得之各項結果能提供為爾後進行資源評估與管理之參考，以利本種資源的永續利用。

參考文獻

陳哲聰、大滝英夫. 1974。東シナ海、黃海産ナイトカシイの資源生物學的研究。日本西海區水研研報。46: 1~20.

能勢幸雄、石井丈夫、清水誠. 1988。水産資源學。東京大學出版會。181頁。

姜博仁 1995。台灣東北部海域深海狐鮫之年齡與成長研究。國立台灣海洋大學漁研所碩士論文。72頁。

殷名稱 1998。魚類生態學，初版。水產出版社。537頁。

劉建賢 2006。台灣東部海域白皮旗魚之年齡與成長研究。國立台灣大學海洋研究所碩士論文。88頁。

Akaike, H. 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In Second international symposium on information theory (B. N. Petrov and F. Csaki eds.), Akademiai Kiado, Budapest.

Balart, E. F., J. L. Castro-Aguirre, and E. Amador-Silva. 2000. The first eastern Pacific report of the sharptail mola, *Masturua lanceolatus*, (Tetraodontiformes: Molidae). *California Fish and Game* 86: 156–158.

Beamish, R. J. and D. A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 982-983.

- Beamish R. J. and G. A. McFarlane. 1983. Validation of age determination estimates: the forgotten requirement. In: Prince ED, Pulos LM (eds) Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. *NOAA Technical Report NMFS* 8, pp 29–33.
- Berkeley, S. A. and E. D. Houde. 1983. Age determination of broadbill swordfish, *Xiphas guladius*, from the straits of Florida, using analfin spine section. U.S. Dep. Commer., *NOAA Tech. Rep. NMFS*, 8: 137-143.
- Bigelow, H. B. and W. C. Schroeder. 1953. Fishes of the Gulf of Maine. *Fish. Bull.* 53: 531–532.
- Bishop, S. D. H., M. P. Francis, C. Duffy and J. C. Montgomery. 2006. Age, growth, maturity, longevity and natural mortality of the shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*) in New Zealand waters. *Mar. Fresh. Res.* 57: 143-154.
- Branstetter, S. 1987a. Age, growth and reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini* from the northwestern Gulf of Mexico. *Environ. Biol. Fish.* 19(3): 161-174.
- Branstetter, S. 1987. Age and growth estimates for blacktip, *Carcharhinus limbatus* and spinner, *C. brevipinna* sharks from the northwestern Gulf of Mexico. *Copeia* 1987: 964-974.
- Branstetter, S. and R. Stiles. 1987. Age and growth estimates of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, from the northern Gulf of Mexico. *Environ. Biol. Fish.* 20(3): 169-181.
- Brody, S. 1945. *Bioenergetics and growth*. Reinhold Publishing, New York. 1st ed. 529pp.
- Brothers, E. B. 1983. Summary of round table discussions on age validation. U.S. Dep. Commer., *NOAA Tech. Rep. NMFS* 8: 35-44.

- Cailliet, G. M. 1990 a. Recommendations for research needed to better understand the age and growth of elasmobranchs. *NOAA Tech. Rep. NMFS* 90: 505-507.
- Cailliet, G. M. 1990 b. Elasmobranch age determination and verification: an updated review. In *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries*, (H. L. Pratt Jr., S. H. Gruber, and T. Taniuchi, eds.). *NOAA Tech. Rep. NMFS* 90: 157-165.
- Cailliet G. M., R. L. Radke and B. A. Welden. 1986. Elasmobranch age determination and verification: a review. In: Uyeno T, Arai R, Taniuchi T, Matsuura K (eds) *Indo-Pacific fish biology: proceedings of the second international conference on Indo-Pacific fishes. Ichthyology Society of Japan, Tokyo*, pp 345–360.
- Campana, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Fish Biol.* 59: 197-242.
- Carlson J. K., E. Cortés and A. G. Johnson. 1999. Age and growth of the blacknose shark *Carcharhinus acronotus* in the eastern Gulf of Mexico. *Copeia* 1999:684–691.
- Cartamil D. P. and C. G. Lowe. 2004. Diel movement patterns of ocean sunfish *Mola mola* off southern California. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 266: 245-253.
- Chiang, W. C., C. L. Sun and S. Z. Yeh. 2004. Age and growth of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in waters off eastern Taiwan. *Fish. Bull.*, 102(2): 251-263.
- Clarke, T. A. 1971. The ecology of the scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini*, In Hawaii. *Pac. Sci.* 25: 133-144.
- Ehrhardt, N. M. 1992. Age and growth of swordfish, *Xiphias guladius*, in the northwest Atlantic. *Bull. Mar. Sci.* 50(2): 292-301.

- Ehrhardt, N. M., R. J. Robbins and F. Arocha. 1996. Age validation and growth of swordfish, *Xiphas guladius*, in the northwest Atlantic. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, *Collective Volume of Scientific Papers, XLV (2)*: 358-367.
- Fraser, B. A. 1951. The ocean sunfishes (Family Molidae). *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist.* 1: 89-121.
- Gilmore, R. G. 1983. Observations on the embryos of the long-fin mako, *Isurus paucus*, and the bigeye thresher, *Alopias superciliosus*. *Copeia* 1983 (2): 375-382.
- Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new mode of determining life contingencies. *Philos. Trans. Roy. Soc. London Ser. A.* 115: 513-585.
- Grey, Z. 1928. Big game fishing in New Zealand seas. *Nat. Hist.* 28 (1): 46-52.
- Gudger, E. W. 1928. Capture of an ocean sunfish. *Sci. Mon.* 26: 257-261.
- Guitart, M. D. 1975. Las pesquerias pelagico-oceanicas de corto radio de action in la region norocci- dental de Cuba. *Oceanogr. Inst. Acad. Sci. Havana. Ser. Oceanol.* 31: 1-41.
- Harbison, G. R. and J. Janssen. 1987. Encounters with a swordfish (*Xiphius gladius*) and sharptail mola (*Masturus lanceolatus*) at depths greater than 600 meters. *Copeia* 1987: 511-513.
- Haddor, M. 2001. Modeling and quantitative methods in fisheries. *Chapman and Hall/CRC, Boca Raton.* 406 pp.
- Hill, K. T., G. M. Gailliet and R. L. Radtke. 1989. A comparative analysis of growth zones in four calcified structures of Pacific blue marlin, *Makaira nigricans*. *Fish. Bull.* 87: 829-843.

- Hoese, H. D. and R. H. Moore. 1998. Fishes of the Gulf of Mexico, Texas, Louisiana and adjacent waters. College station: Texas A & M University Press.
- Hsu, C. C. 1991. Parameters estimation of generalized von Bertalanffy growth equation. *ACTA Oceanogr. Taiwanica* 26: 66-77.
- Jonson, A. G. 1983. Comparison of dorsal spines and vertebrae as ageing structures for little tunny, *Euthynnus alletteratus*, from the northeast Gulf of Mexico. *U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS*, 8: 111-116.
- Joung, S. J. and C. T. Chen. 1992. Age and growth of big eye *Priacanthus macracanthus* from the surrounding water of Guei-Shan island, Taiwan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58(3), 481-488
- Joung, S. J. and C. T. Chen. 1995. Reproduction in the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in the waters off northeastern Taiwan. *Copeia* 1995: 659-665.
- Joung, S. J., Y. Y. Liao and C. T. Chen. 2004. Age and growth of sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in northeastern Taiwan waters. *Fish. Res.* 70: 83-96.
- Joung, S. J., Y. Y. Liao, K. M. Liu, C. T. Chen and L. C. Leu. 2005. Age, growth, and reproduction of the spinner shark, *Carcharhinus brevipinna*, in the northeastern waters of Taiwan. *Zool. Stud.* 44(1): 102-110.
- King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Oxford: Fishing News Books; Cambridge, Mass. Distributors. Blackwell Science. 341pp.
- Lessa, R., F. M. Santana and R. Paglerani. 1999. Age, growth and stock structure of the oceanic whitetip shark, *Carcharhinus longimanus*, from the southwestern equatorial Atlantic. *Fish. Res.* 42: 21-30.
- Lessa, R., F. M. Santana and F. H. Hazin. 2004. Age and growth of the blue

- shark, *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758), off northeastern Brazil. *Fish. Res.* 66: 19-30.
- Lessa, R., F. M. Santana and P. Duarte-Neto. 2006. A critical appraisal of marginal increment analysis for assessing temporal periodicity in band formation among tropical sharks. *Enviro. Biol. Fish* (2006) 77: 309–315.
- Liu, K. M., P. J. Chiang and C. T. Chen. 1998. Age and growth estimates of the bigeye thresher shark, *Alopias superciliosus*, in northeastern Taiwan waters. *Fish. Bull.* 96: 482-491.
- Miller, D. J., R. N. Lea 1972. Guide to the coastal marine fishes of California. *Calif. Fish Game Bull.* 157: 210.
- Natanson L. J., J. G. Casey and N. E. Kohler. 1995. Age and growth estimates for the dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the western North Atlantic Ocean. *Fish. Bull.* 93:116–126.
- Nybakken, J. W. 2001. Marine biology: an ecological approach. San Francisco: Benjamin Cummings.
- Parenti, P. 2003. Family Molidae Bonaparte 1832-molas or ocean sunfishes. *Calif Acad Sci Annotated Checklists of Fishes* No. 18
- Paulin, C. D., G. Habib, C. L. Carey, P. M. Swanson and G. J. Voss. 1982. New records of *Mobula japonica* and *Masturus lanceolatus*, and further records of *Luvaris imperialis* (Pisces: Mobulidae, Molidae, Louvaridae) from New Zealand. *New Zealand. Mar. Fresh. Res.* 16: 11-17.
- Pauly, D. 1979. Gill size and temperature as governing factors in fish growth: A generalization of von Bertalanffy's growth formula. *Berichte ausdem Institute fur Meereskunde* 63, Kiel University, Kiel, Western Germany.
- Pratt, H. L., Jr. and J. G. Casey. 1983. Age and growth of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, using four methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:

1944-1957.

Richards, F. J. 1959. A flexible growth function for empirical use. *J. Exp. Bot.* 10: 290-300.

Robertson, T. B. 1923. The chemical basis of growth and senescence. J. B. Lippincott, Philadelphia, 98pp.

Schaefer, K. M. 2001. Reproductive biology of tunas. In “Tuna: physiology, ecology, and evolution”. *Academic Press, New York.* pp: 225-270.

Schmidt, J. 1921. New studies of sun-fishes made during the “Dana” Expedition, 1920. *Nature* 107: 76—79.

Schnute, J. 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 1128-1140.

Schwartz, F. J. and D. G. Lindquist. 1987. Observations on mola basking behavior, parasites, echeneidid associations, and body-organ weight relationships. *Elisha Mitchell Sci. Soc.* 103: 14–20.

Seitz, A. C., K. C. Weng, A. M. Boustany and B. A. Block. 2002. Behaviour of a sharptail mola in the Gulf of Mexico. *J. Fish Biol.* 60: 1597-1602.

Simpfendorfer, C. A., J. Chidlow, R. McAuley and P. Unsworth. 2000. Age and growth of the whiskery shark, *Furgaleus macki*, from southwestern Australia. *Environ. Biol. Fish.* 58: 335-343.

Smith, C. L. 1983. Summary of round table discussions on back calculation. U.S. Dep. Commer., *NOAA Tech. Rep. NMFS* 8: 45-47.

Smith, M. M., P. C. Heemstra 1986. *Smith's Sea Fishes*, 6th ed. Springer, Berlin Heidelberg New York.

- Streelman, J. T., C. Puchulutegui, A. L. Bass, T. T. H. Dewar and S. A. Karl. 2003. Microsatellites from the world's heaviest bony fish, the giant *Mola mola*. *Molecular Ecology Notes* 2003(3): 247-249.
- Stevens J. D. 1973. Stomach contents of the blue shark(*Prionace glauca* L.) off southwest England. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 53: 357-361.
- Sun, C. L., S. P. Wang and S. Z. Yeh. 2002. Age and growth of the swordfish (*Xiphius gladius* L.) in the waters around Taiwan determined from anal-fin rays. *Fish. Bull.* 100: 822-835.
- Tserpes, G. and N. Tsimenides. 1995. Determination of age and growth of swordfish, *Xiphius gladius*, L., 1758, in the eastern Mediterranean using anal-fin spines. *Fish. Bull.* 93: 594-602.
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquires on growth laws II). *Human Biol.* 10: 181-213.
- Wintner, S. P. and G. Cliff. 1995. Age and growth determination of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus* from the east coast of South Africa. *Fish. Bull.* 94: 135-144.
- Yabe, H. 1950. Juvenile of the pointed-tailed ocean sunfish, *Masturus lanceolatus*, Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 16: 40-42.
- Yamaguchi, M. 1975. Estimating growth parameters from growth rate data. *Oecologia (Berlin)*. 20: 321-332.



圖 1. 體長 60 cm TL，體重 7kg 之雄性矛尾翻車純

Fig. 1. A male sharptail sunfish, *Masturus lanceolatus*.
(60 cm TL, 7 kg BW)

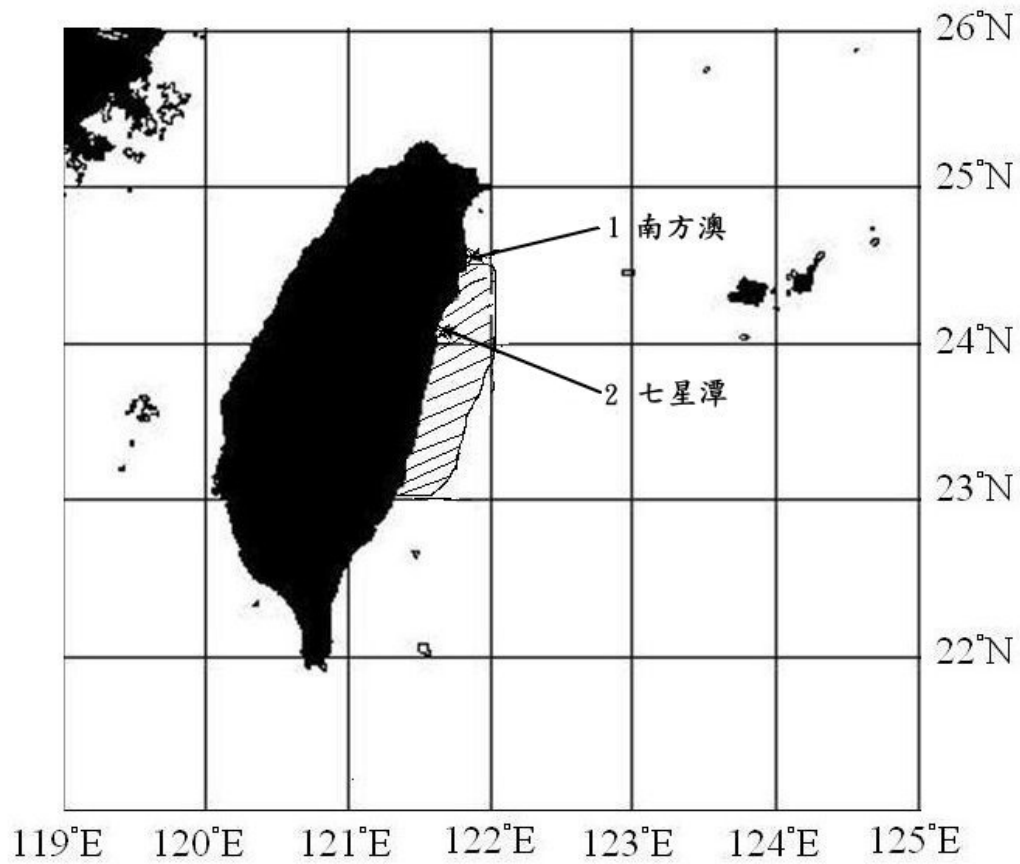


圖 2. 本研究所採樣海域

Fig. 2. Sampling area of sharptail sunfish, *Masturus lanceolatus* in this study.

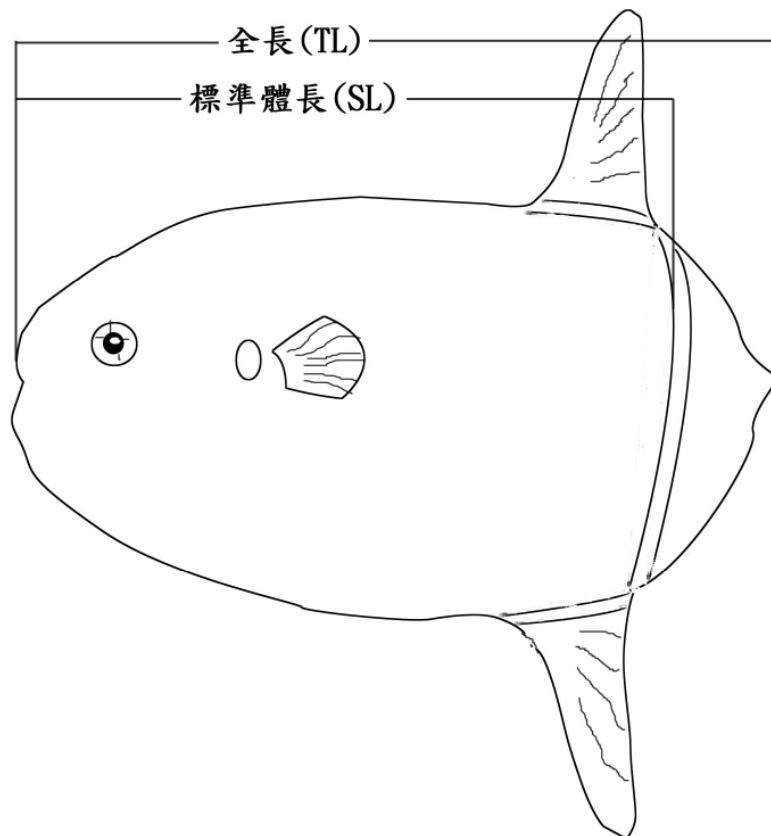


圖 3. 矛尾翻車純體長量測標準

Fig. 3. Diagram of sharptail mola, *Masturus lanceolatus*, showing the body portions measured.

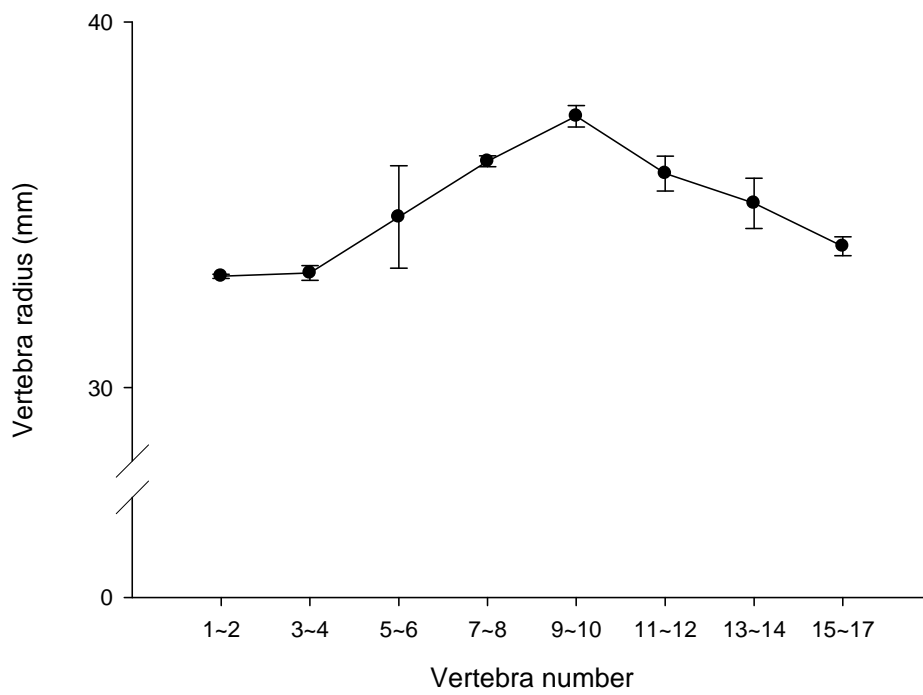


圖 4. 2尾矛尾翻車魮各節脊椎骨椎徑之變異(130 & 140 cm male)

Fig. 4. Mean vertebra radius and variation along the vertebrae column of two sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

Vertical bars indicate $\pm 1SD$.

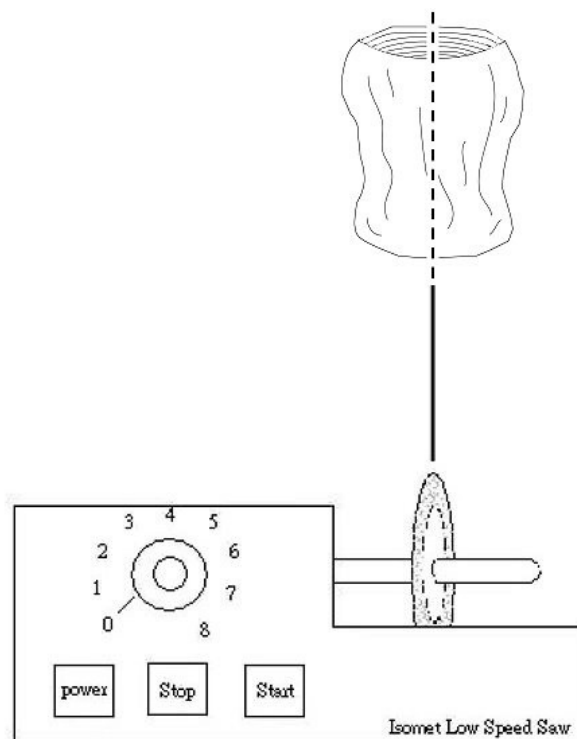


圖 5. 脊椎骨切片方法示意圖

Fig. 5. The method of vertebrae sectioning used in this study.

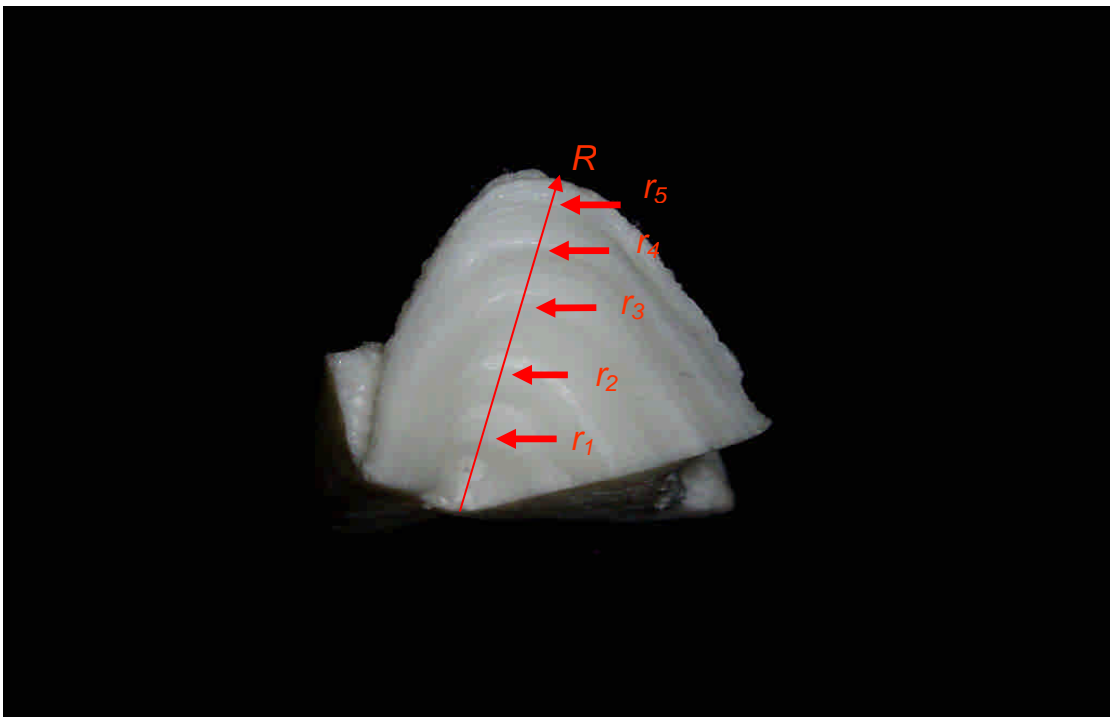


圖 6. 脊椎骨輪徑與椎骨之量測

Fig. 6. The measurements of growth bands (r_i) and radius (R) of Vertebra.

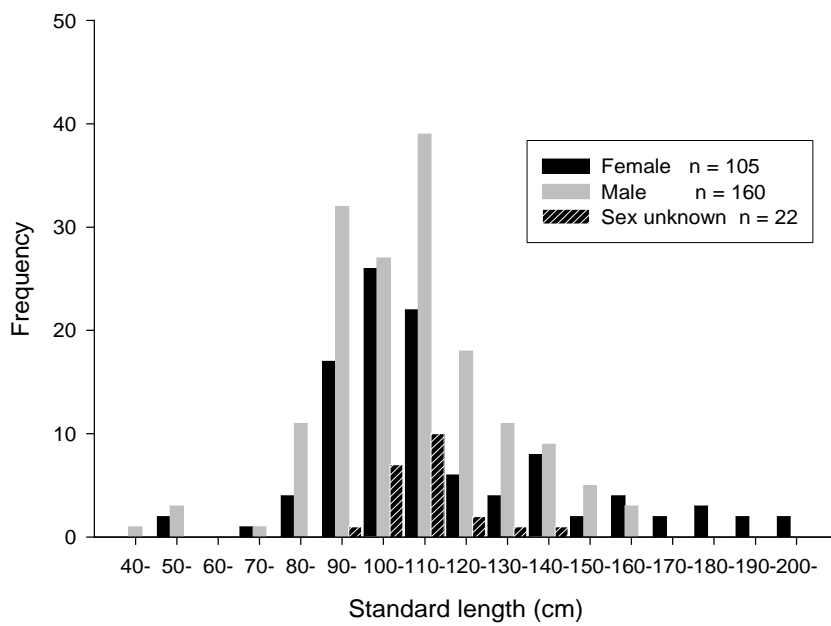


圖 7. 本研究所使用之樣本體長頻度分佈圖

Fig. 7. Standard length frequency distribution of the sharptail sunfish *Masturus lanceolatus* in this study.

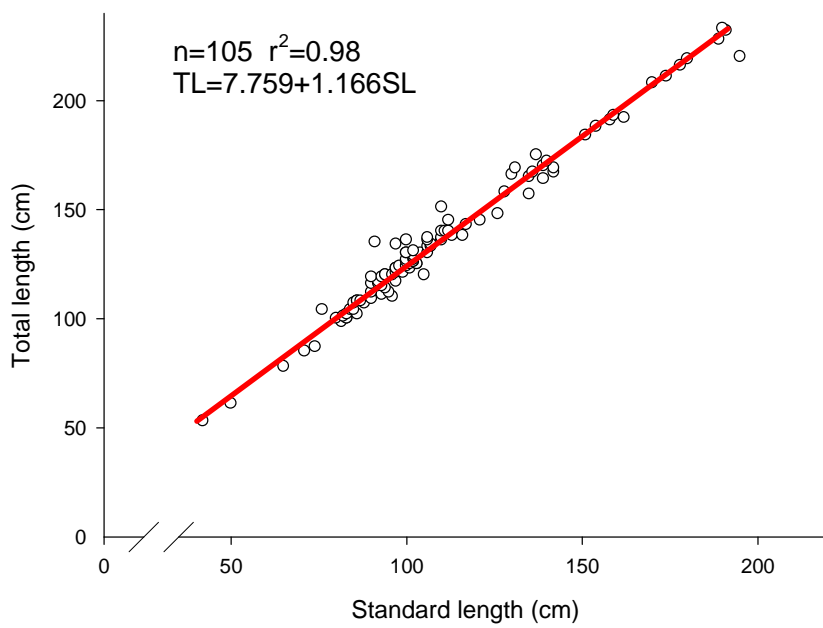


圖 8a. 雌性矛尾翻車純全長(TL)與標準體長(SL)之迴歸關係圖

Fig. 8a. Relationship between total length (TL) and standard length (SL) of female sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

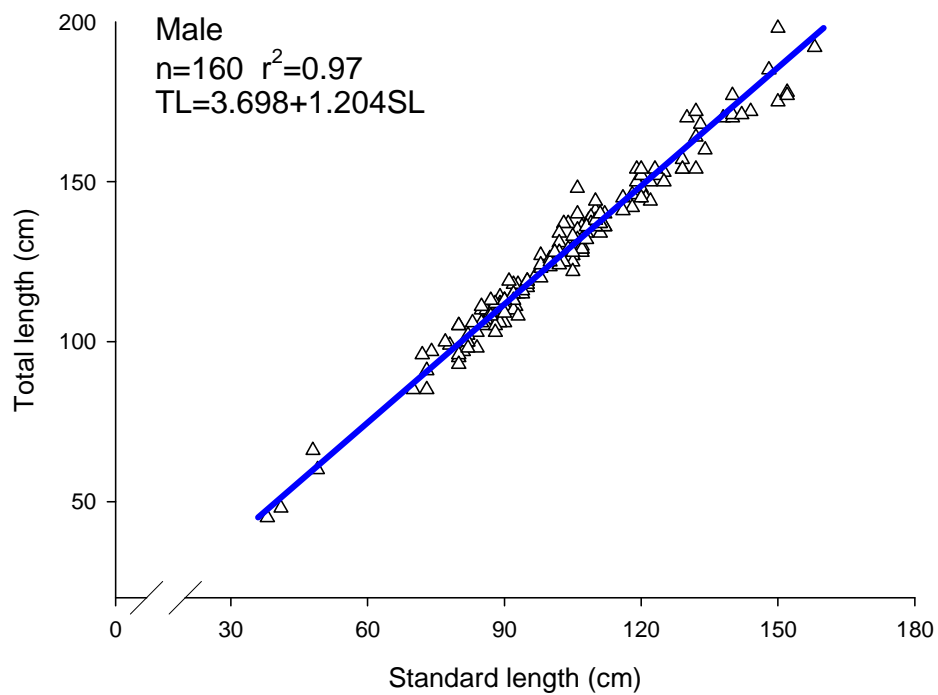


圖 8b. 雄性矛尾翻車純全長(TL)與標準體長(SL)之迴歸關係圖

Fig. 8b. Relationship between total length (TL) and standard length (SL) of male sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

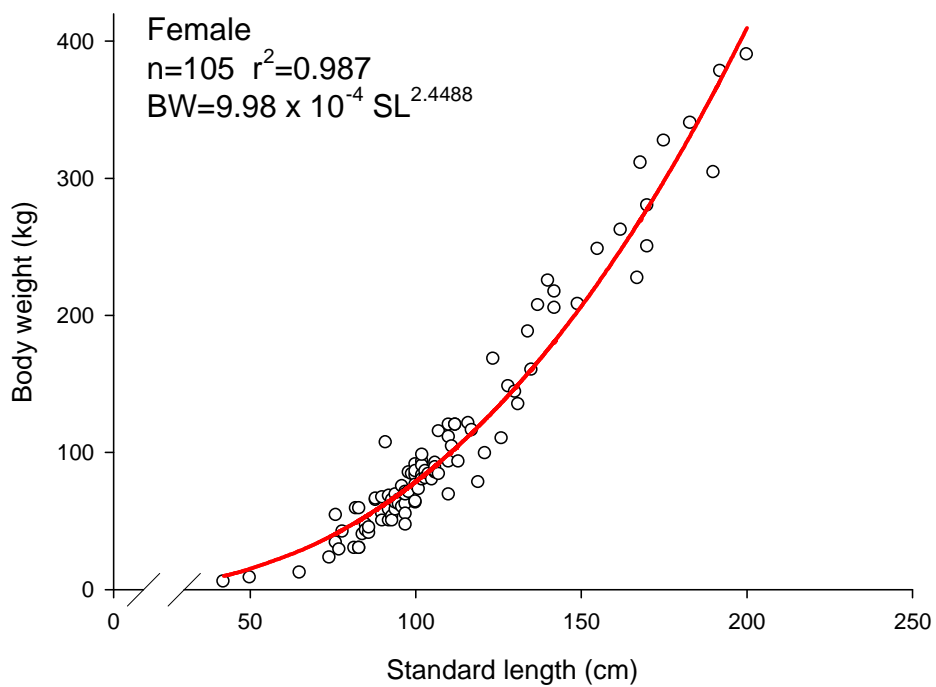


圖 9a. 雌性矛尾翻車鮠體重(BW)與標準體長(SL)之迴歸關係圖

Fig. 9a. Relationship between body weight (BW) and standard length (SL) of female sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

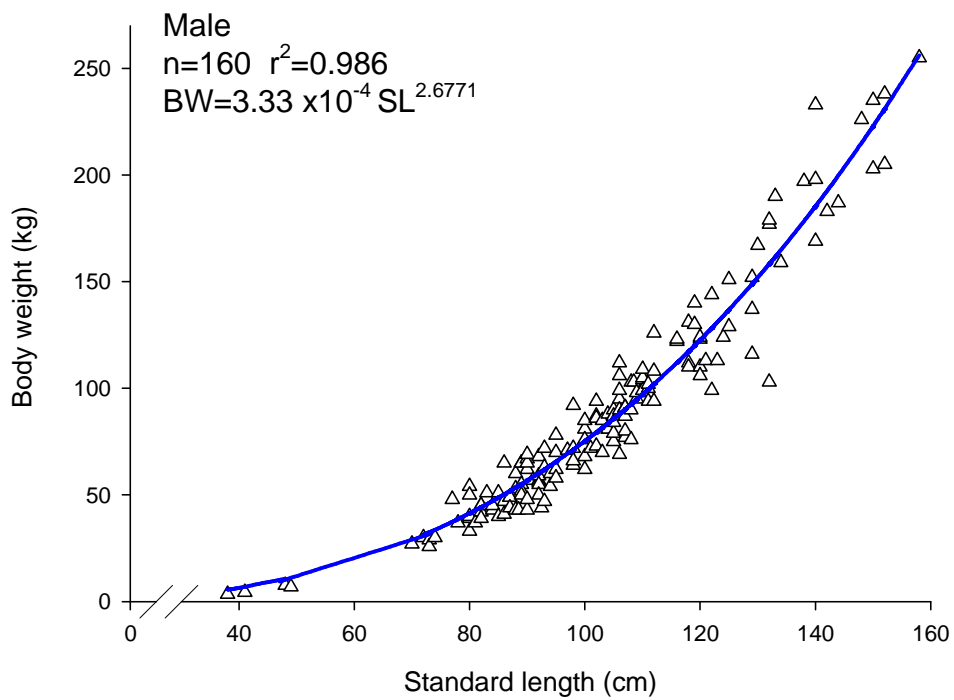


圖 9b. 雄性矛尾翻車純體重(BW)與標準體長(SL)之迴歸關係圖

Fig. 9b. Relationship between body weight (BW) and standard length (SL) of male sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

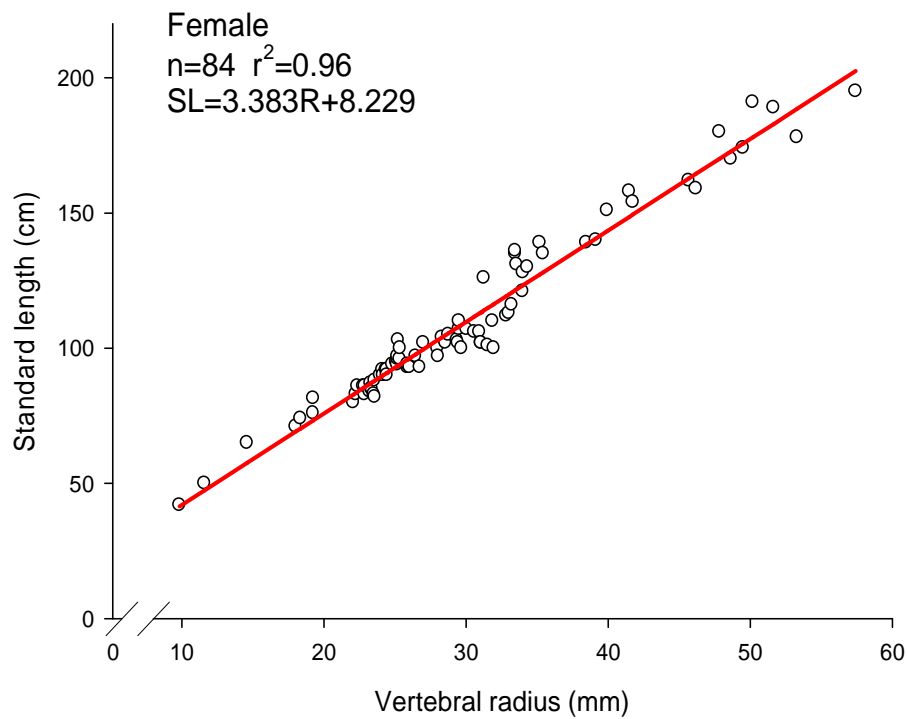


圖 10a. 雌性矛尾翻車純標準體長(SL)與椎徑(R)之迴歸關係圖

Fig. 10a. Relationship between standard length (SL) and vertebral radius (R) of female sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

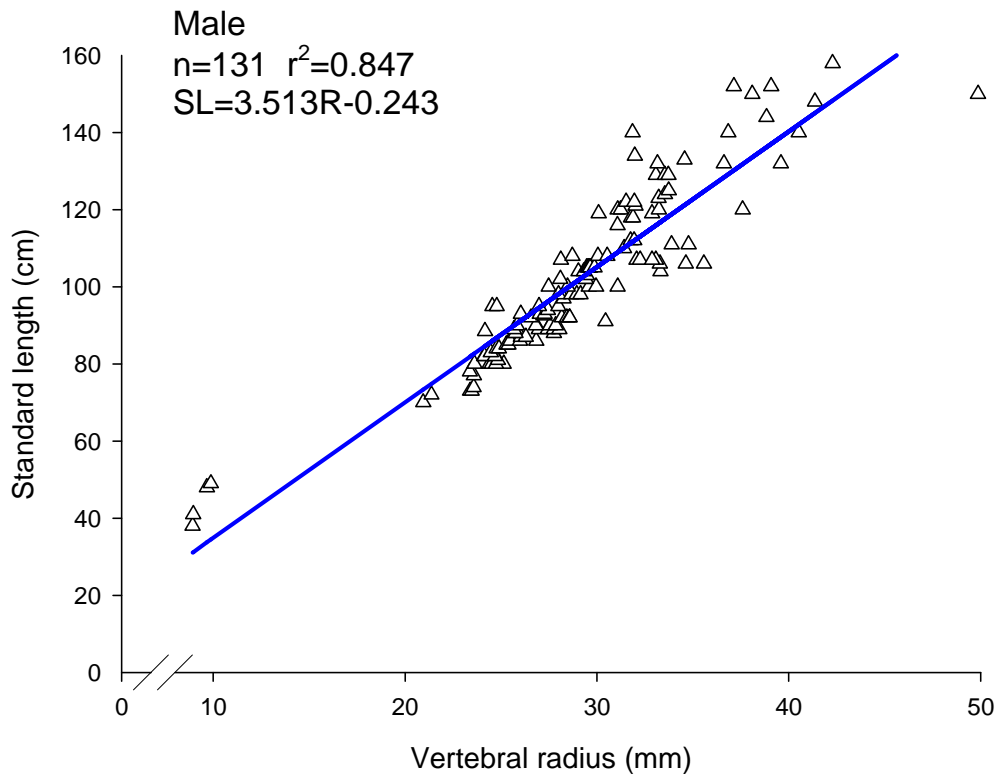


圖 10 b. 雄性矛尾翻車魮標準體長(SL)與椎徑(R)之迴歸關係圖

Fig. 10b. Relationship between standard length (SL) and vertebral radius (R) of male sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

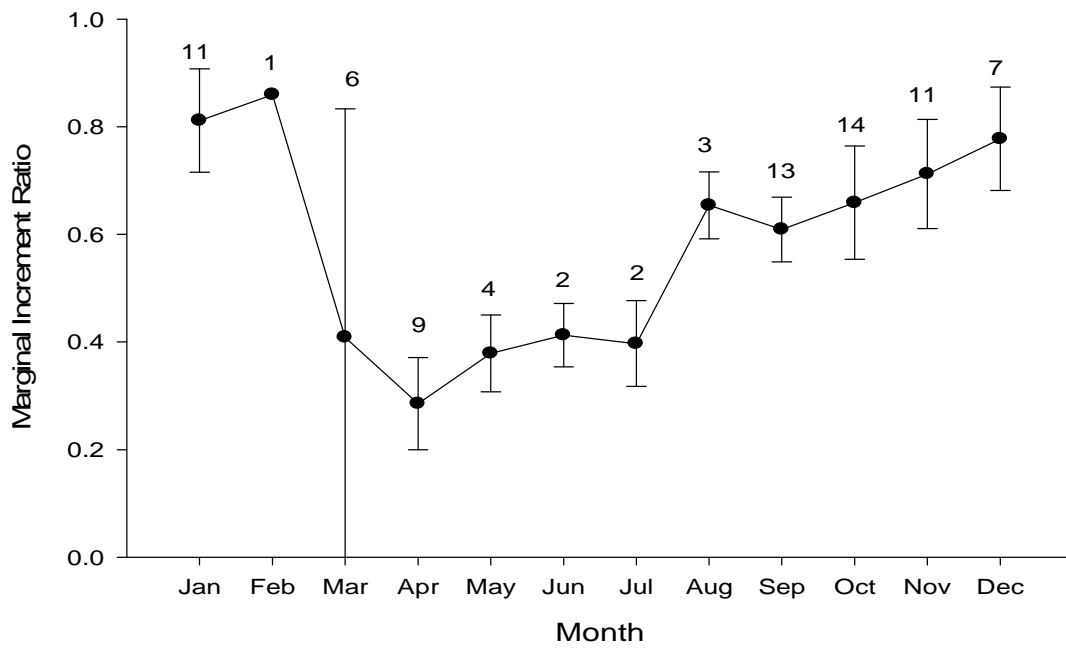


圖 11a. 雌性矛尾翻車純邊緣成長率之月別變化

Fig. 11a. Monthly variations of marginal increment of female sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

Vertical bars indicate $\pm 1SD$.

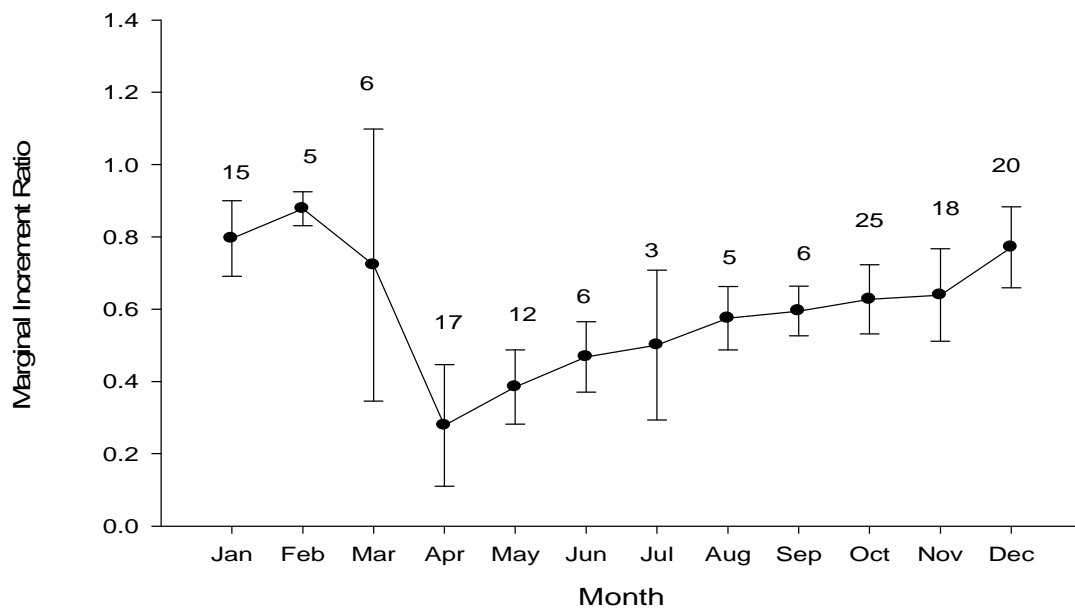


圖 11b. 雄性矛尾翻車鮠邊緣成長率之月別變化

Fig. 11b. Monthly variations of marginal increment of male sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

Vertical bars indicate $\pm 1SD$.

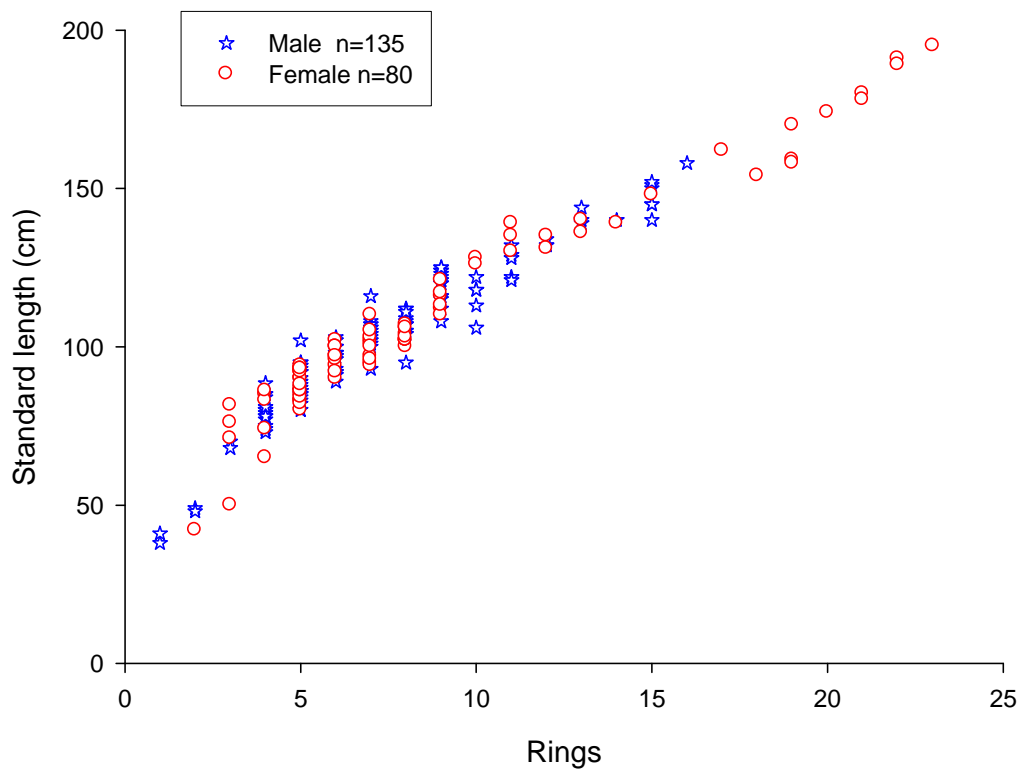


圖 12. 各輪紋別之體長散佈圖

Fig. 12. Relationship between standard length and growth rings of sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

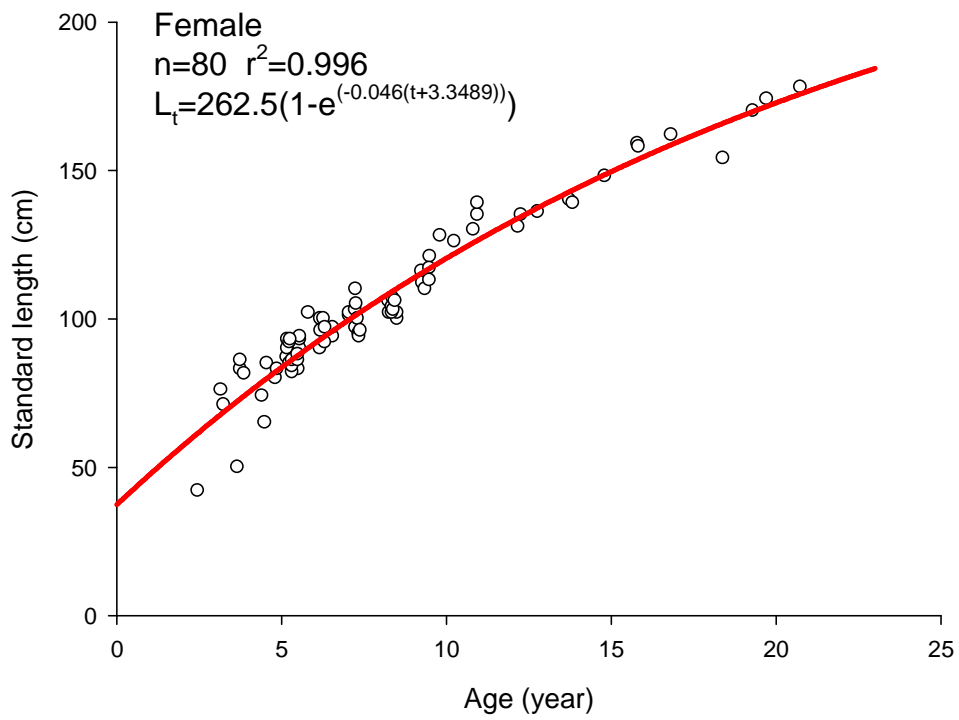


圖 13a. 雌性矛尾翻車純成長曲線圖

Fig. 13a. von Bertalanffy growth curve for female sharptail sunfish
Masturus lanceolatus.

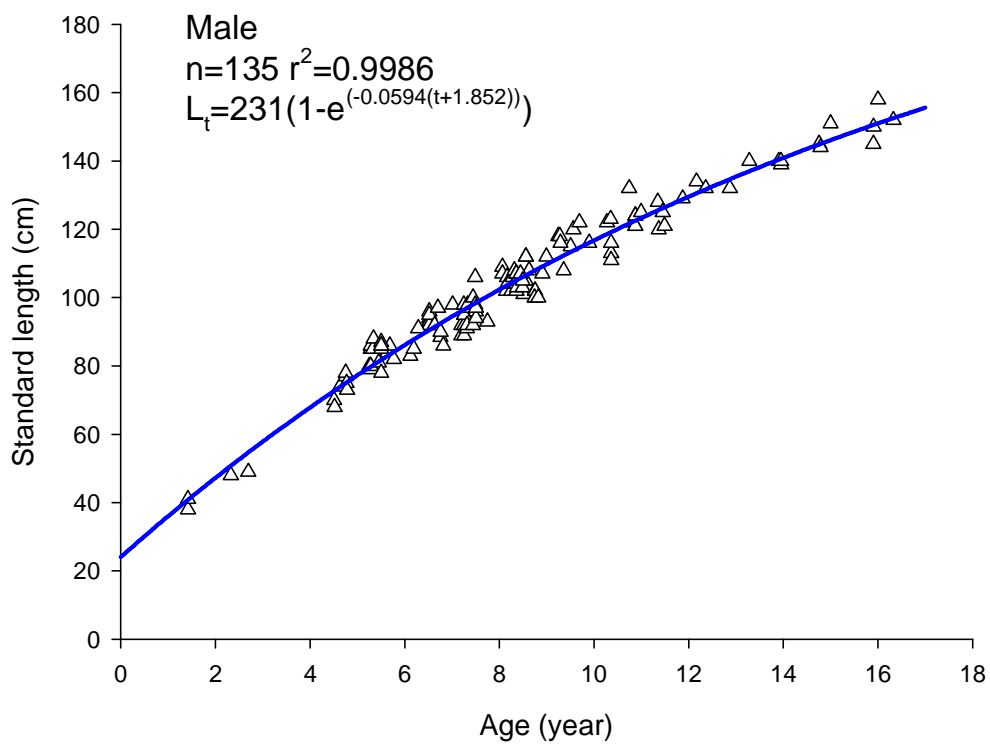


圖 13b. 雄性矛尾翻車純成長曲線圖

Fig. 13b. von Bertalanffy growth curve for male sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

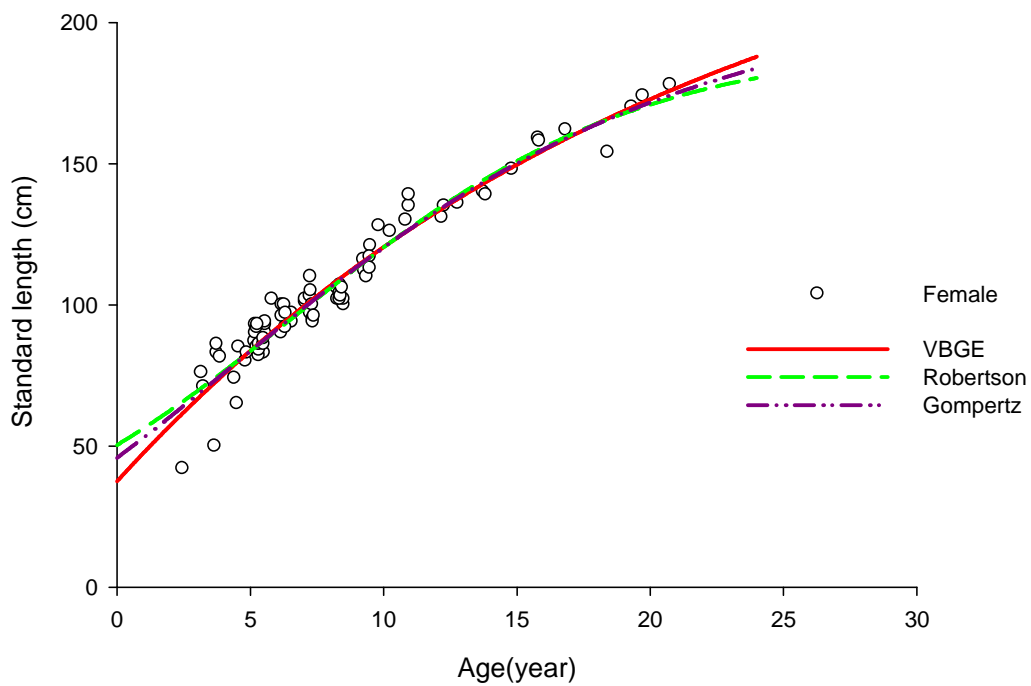


圖 14a. 雌性矛尾翻車魮 von Bertalanffy、Robertson 及 Gompertz 之成長曲線圖

Fig. 14a. von Bertalanffy, Robertson and Gompertz growth curves for female sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

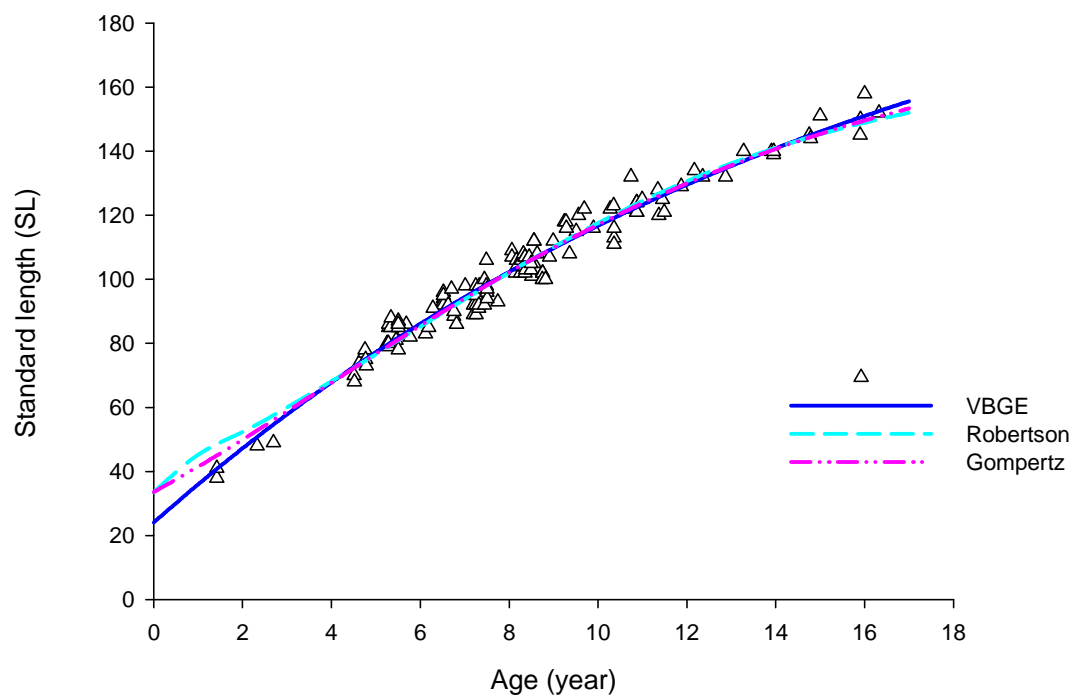


圖 14b. 雄性矛尾翻車魮 von Bertalanffy、Robertson 及 Gompertz 之成長曲線圖

Fig. 14b. von Bertalanffy, Robertson and Gompertz growth curves for male sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

表 1. 脊椎骨樣本前處理步驟，採用 Joung (1993) 之方法

Table 1. The procedure of embedding. (Following Joung's (1993) method.)

Bath No.	Deionized Water	Ethyol Alcohol	t- butyl Alcohol	Paraffin	Schedule (hrs)
0	100%	-	-	-	4
1	70%	30%	-	-	4
2	50%	50%	-	-	4
3	50%	40%	10%	-	4
4	30%	50%	20%	-	4
5	15%	50%	35%	-	4
6	-	45%	55%	-	4
7	-	25%	75%	-	4
8	-	-	100%	-	8
9	-	-	100%	-	8
10	-	-	50%	50%	6
11	-	-	-	100%	8
12	-	-	-	100%	8

表 2. 本研究之採樣日期、性別、樣本數及體長、體重範圍

Table 2. The specimens used in this study

Year	Month	Sex			Standard length (cm)	Body weight (kg)
		Female	Male	unknown		
2003	Mar.	3			83~140	54~225
2003	Apr.	5	11		80~191	37~390
2003	May	4	13	5	81.5~132	30~217
2003	Jun.	2	3	3	125~141	129~233
2003	Oct.	2	6	4	80~122	48~145
2003	Dec.	6	18	11	47~125	12.2~170
2004	Jan.	6	10	22	68~195	27~409
2004	Feb.	1			180	340
2004	May			6		27~205
2004	Jun.			1		207
2004	Jul.	2	2		101~109	83~94
2004	Aug.		1		96	68
2004	Nov.	2			60~154	23~233
2004	Dec.	1			42	5.6
2005	Feb.		1		84	47
2005	Mar.		1		132	159
2005	Apr.	1	3		100	76
2005	Oct.	1			92	66
2005	Nov.	4	15	2	88~138	53~179
2005	Dec.	8	18	17	38~117	3.5~116
2006	Jan.	7	8	2	85~120	47~110
2006	Feb.		6	3	74~108	30~185
2006	Mar.	3	6	2	49~178	7~327
2006	Apr.	3	5	2	73~162	25.8~262
2006	May	3	7	2	107~158	90~248
2006	Jun.		3	1	112~158	103~255
2006	Jul.		1		98	72
2006	Aug.	3	4		76~134	34~165
2006	Sep.	15	9	1	71~131	29~135
2006	Oct.	16	20	4	48~170	7.7~280
2006	Nov.	6	4	4	94~189	63~378
Total		104	175	92	38 ~195	3.5 ~ 409

表 3a. 雌性矛尾翻車純輪紋別與體長關係

Table 3a. Age-length key of female sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

SL (cm)	Age (year)																				n			
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+	16+	17+	18+	19+	20+	21+		22+	23+	
41-50	1	1																					2	
51-60																							0	
61-70			1																				1	
71-80		2	2																				4	
81-90			8	7																			15	
91-100				6	9	5																	20	
101-110						6	8	2															16	
111-120								4	1														5	
121-130								1	1	1													3	
131-140										3	1	2											6	
141-150														1									1	
151-160																	1	2					3	
161-170																1		1					2	
171-180																			1	2			3	
181-190																						1	1	
191-200																						1	1	2
Total	1	3	11	13	9	11	8	7	2	4	1	2	0	1	0	1	1	3	1	2	2	1	84	

表 3b. 雄性矛尾翻車鮠輪紋別與體長關係

Table 3b. Age-length key of male sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

SL (cm)	Age (year)																n
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+	16+	
31-40	1																1
41-50	1	1	1														3
51-60																	0
61-70				2													2
71-80				1	9												10
81-90					11	5	5										21
91-100						8	17	1	3								29
101-110							1	23	4								26
111-120								2	6	4	1						14
121-130										3	9	1					13
131-140											1	2	2	3			6
141-150															2	2	6
151-160															1	2	4
Total	2	1	1	3	20	13	23	26	13	7	11	3	2	3	3	4	135

表 4a.雌性矛尾翻車鮪各輪紋形成時之平均輪徑

Fig. 4a. Average radius of each age groups for female sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

Age	n	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11	r12	r13	r14	r15	r16	r17	r18	r19	r20	r21	r22	r23
2	4	7.14	11.97																					
3	3	6.70	11.74	16.53																				
4	9	6.51	11.36	16.22	20.72																			
5	12	6.07	10.82	15.50	20.28	22.93																		
6	13	6.00	10.42	14.78	19.07	22.36	25.16																	
7	6	5.83	10.13	14.49	18.37	21.87	24.58	27.21																
8	9	5.57	9.83	13.82	17.59	20.91	23.78	26.33	29.13															
9	6	5.53	9.36	13.24	16.92	20.38	23.17	25.55	28.04	30.31														
10	2	5.45	8.65	12.02	15.48	18.65	21.57	24.06	27.63	29.82	31.88													
11	3	5.33	8.56	11.77	15.05	18.26	21.30	23.79	26.34	28.81	31.07	32.93												
12	2	5.18	8.44	11.47	14.72	17.89	20.89	23.46	26.22	28.62	30.33	32.72	34.37											
13	2	5.06	8.31	11.10	14.34	17.15	20.37	23.08	25.82	28.07	29.96	32.06	34.09	35.99										
14	1	5.02	8.26	10.83	14.21	16.91	20.28	22.85	25.47	27.81	29.67	31.81	33.53	35.77	37.98									
15	1	4.87	7.81	10.39	13.84	16.29	19.86	22.27	25.14	27.26	29.23	31.56	33.44	35.55	37.78	39.88								
16	1	4.73	7.78	10.25	13.67	16.01	19.69	22.02	24.88	26.98	28.98	31.49	33.13	35.27	37.39	39.48	41.11							
17	1	4.71	7.73	10.17	13.51	15.94	19.46	21.87	24.65	26.76	28.73	31.26	32.97	34.83	36.97	38.93	40.76	42.59						
18	1	4.67	7.74	10.24	12.76	15.28	17.83	20.31	22.76	25.14	27.51	29.83	32.27	34.46	36.61	38.59	40.53	42.38	44.97					
19	1	5.01	7.76	10.42	13.17	15.82	18.44	20.81	23.26	25.61	28.05	30.44	32.77	35.15	37.55	39.84	41.84	43.66	45.73	47.46				
20	1	5.11	7.87	10.56	13.24	15.97	18.64	20.99	23.55	25.94	28.11	30.61	32.94	35.35	37.63	40.01	42.03	43.79	46.04	47.83	49.37			
21	2	4.73	6.91	9.11	11.62	14.09	16.58	18.74	21.11	23.42	25.85	28.15	30.47	32.84	35.05	37.10	39.28	41.43	43.49	45.56	47.62	49.66		
22	2	4.77	6.96	9.23	11.43	13.69	16.08	18.34	20.75	22.92	25.17	27.49	29.91	32.26	34.38	36.64	36.64	41.31	43.59	45.88	47.70	49.29	50.45	
23	1	4.38	6.19	8.44	10.73	12.96	15.63	18.36	21.04	23.68	26.34	28.99	31.57	34.14	36.69	39.24	41.68	43.84	46.26	48.89	50.77	52.43	54.17	55.94
Average	83	5.38	8.84	11.93	15.04	17.54	20.18	22.36	24.74	26.74	28.63	30.72	32.62	34.69	36.80	38.86	40.48	42.71	45.01	47.12	48.86	50.46	52.31	55.94

表 4b. 雄性矛尾翻車鮪各輪紋形成時之平均輪徑

Fig. 4b. Average radius of each age groups for male sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

Age	n	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11	r12	r13	r14	r15	r16
1	2	6.90															
2	2	6.34	11.78														
3	2	6.47	11.99	17.47													
4	14	6.41	11.59	16.90	21.60												
5	25	5.98	10.68	15.16	19.48	23.58											
6	22	5.78	10.10	14.20	18.46	22.34	26.04										
7	17	5.52	9.59	13.63	17.49	21.21	24.82	28.03									
8	12	5.44	9.37	13.00	16.53	19.89	23.03	26.26	29.10								
9	15	5.42	9.27	12.73	16.10	19.18	22.14	25.12	28.13	30.73							
10	5	5.37	8.35	11.46	14.38	17.17	20.29	23.16	25.94	28.79	31.39						
11	5	5.16	8.33	11.22	13.92	16.78	19.58	22.47	24.96	27.47	29.89	32.30					
12	3	5.11	8.17	10.83	13.34	15.86	18.34	20.92	23.40	25.90	28.43	31.19	33.23				
13	3	4.93	7.66	10.18	12.65	15.21	17.81	20.45	22.75	24.99	27.24	29.44	31.54	33.57			
14	1	4.67	7.45	9.88	12.33	14.87	17.36	20.13	22.46	24.51	26.89	29.13	31.02	33.01	34.65		
15	5	4.29	6.86	9.45	11.93	14.40	16.90	19.42	21.85	23.36	25.72	27.93	30.10	32.00	33.82	35.56	
16	1	4.16	6.56	8.93	11.26	13.61	15.93	18.28	20.54	22.71	24.84	26.91	28.87	30.79	32.56	34.43	36.27
Average	134	5.67	9.79	13.72	17.46	20.45	22.80	24.72	26.33	27.87	28.42	29.95	31.13	32.45	33.76	35.38	36.27

表 5. 最大概似檢定 von Bertalanffy, Robertson 及 Gompertz 雌雄成長方程式有無顯著差異
 Table 5. Maximum likelihood ratio test on the difference between von Bertalanffy, Robertson and Gompertz growth equations for female and male.

Function	Hypothesis	Residual SS	X^2	df	P
von Bertalanffy	$\text{♀} = \text{♂}$	16780.3	48.919	3	$P < 0.05$
Robertson	$\text{♀} = \text{♂}$	18710.7	70.965	3	$P < 0.05$
Gompertz	$\text{♀} = \text{♂}$	17701	60.688	3	$P < 0.05$

表 6. von Bertalanffy, Robertson, Gompertz 三成長方程式對矛尾翻車純成長之套適情形比較表
 Table 6. Comparison of goodness-of-fit among von Bertalanffy, Robertson and Gompertz growth equations for sharptail sunfish *Masturus lanceolatus*.

Growth Function	Female		Male	
	r^2	AIC	r^2	AIC
von Bertalanffy	0.9964	309.34	0.9986	381.95
Robertson	0.9962	312.63	0.9983	401.58
Gompertz	0.9963	310.93	0.9985	391.28

謝辭

本論文得以順利完成，首先要感謝兩位指導教授劉光明博士及莊守正博士這兩年來的悉心教導與鼓勵，除了在研究及論文寫作上辛苦的指導並提供多方面的協助。此外，論文審查承蒙黃寶貴博士及廖翊雅博士撥冗詳加審閱，並惠賜寶貴意見，在此一併致上最深的謝意。

學習期間感謝本研究所所長邱文彥教授對我這個“資深”的學生不斷的鼓勵與肯定，在論文寫作上並提供許多專業的經驗與寶貴的意見。也感謝王世彬教授永不放棄我這個老學生，每當我遇到困難向他請教時，他總不厭其煩地幫我釋疑解惑並熱心的提供我許多寶貴的建議，很大方的讓我在他專業領域上盡情的“挖寶”。並感謝莊慶達教授的鼓勵與游能和技正多方面的幫忙，在我採樣遇到困難時也熱心的提供他的“人脈”幫助我。

本研究期間，多蒙慈濟大學張永州老師提供許多寶貴意見及資料，採樣期間並蒙蘇澳區漁會月英學姐、眼鏡、添枝、士毅學長及吉雄大哥、林連發先生、李美惠女士鼎力相助。樣本蒐集也要感謝陳滄海、芳明、阿城等幾位老闆惠予幫忙，在此亦一併致謝。還有感謝秀茹在我即將完成論文的最後階段，耐心地當我的小老師，指導我電腦方面的“小撇步”，幫我順利的度過難關。還要感謝我的好朋友桂芳，當我遇到挫折的時候，適時的幫我加油打氣，重建我的信心與突破難關的勇氣。

接著要感謝海資所“兩岸三地”的所有同學，邱家的群傑、奕宏、冠吟，王家的晉嘉、任純，劉(本)家的建邦、純慧，莊家的陳穎、俊仁，以及來自瓜地馬拉，見面總不忘熱情的喊我“媽，你好！”的帥哥 Hector 及學弟妹們熱情的相伴。還要感謝華遜、小丁、威克、柏全學長、瑞涵學姊在研究過程中所惠予的指導與幫忙。可愛的田婉(貢丸)、亞萍學妹在實驗過程中辛苦的幫我讀輪、紀錄。兒子學弟家驊在電腦操作上的指導以及“彼岸”活潑可愛的安智、欣媛、齡文、莉雯、晨瑜等。還有研究室裡經常出狀況的(強怪)若伊與俊賢、小雯、佩萱的熱心幫忙，以及憶萍“全方位”的照顧，使我在二年的研究所生涯裡感染到青春的氣息，也感到無比的溫馨與快樂。

在年過半百之後還能重拾青春，一圓少女時未完成的夢，最要感謝的人是一

直堅守崗位，默默的守護著海資系的李俊雄主任，因為有您的一再鼓勵，才讓我有圓夢、再圓夢的機會與勇氣。還有海資系的歷任系主任何權泓教授、歐慶賢教授、謝寬永教授、周宜隆主任以及所有在海資系曾經教導過我的師長們，感謝您們的肯定與鼓勵，給我信心與勇氣挑戰我的“極限”！

最後，感謝我的家人，老公、兒子奕森(我的海資系同學)、家驊(我的海資所學弟)以及奕儒，在我進修期間，全力的支持與包容。尤其是老公奕儒才剛上國中，兩年來辛苦地跟著我起早摸黑，尤其是寒冷的冬天清晨，天才剛濛濛亮，我為了要趕火車到基隆上課，必須將你暫時安置在校門口附近的早餐店，邊吃早餐邊等待天亮後上學，心中總感到無比的愧疚與不捨，好幾次痛苦掙扎幾乎想放棄學業，在家專心照顧你，要不是你的爭氣與自愛，讓媽媽完全沒有後顧之憂，媽媽無法順利的完成學業，我愛你，奕儒！你真是媽媽生命中的小貴人！感恩啦!!

謹以無比感恩的心，致上我最深的謝意，感謝所有敬愛的師長們、朋友及親愛的家人，賜給我機會“圓夢”，謝謝你們！也祝福你們!!

李美玲 謹誌

2007.6.30

簡歷

姓名：李美羚

1954年5月13日生

1960~1966 宜蘭縣羅東鎮公正國民小學

1966~1969 台灣省立蘭陽女子中學初中部

1969~1972 台灣省立蘭陽女子中學高中部

2000~2005 國立臺灣海洋大學海洋資源管理學系

2005~2007 國立臺灣海洋大學海洋資源管理研究所

發表文章：

李美羚，徐華遜 2005 失落的族群-象鮫漫談 台灣水產(原：中國水產)
第 625 期 P. 27~33

周宜隆，李美羚 2003 我國鯨鯊資源利用與管理之探討 國立蘇澳高級
海事職業學校 教師創作研究專輯 第 20 期 P. 258~267

李美羚，周宜隆 2006 南方澳漁市場常見的鯊魚 國立蘇澳高級海事職
業學校 教師創作研究專輯 第 22 期 P. 174~182