

台灣東北部海域產雄壯鬚蝦之成長、死亡及加入模式研究

陳威克¹·莊世昌^{1*}·吳全橙¹·吳繼倫¹·劉光明²

¹行政院農業委員會水產試驗所海洋漁業組

²國立台灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所

摘要

本研究於 2010 年 1~9 月，按月前往宜蘭縣大溪魚市場隨機採集雄壯鬚蝦 *Aristeus virilis* (Bate, 1881) 樣本，共計 2,260 尾，利用月別體長頻度資料及 ELEFAN 方法，估算其季節性成長參數、死亡率、開發率及加入模式等。雌雄別季節性 von Bertalanffy growth equation (VBGE) 成長參數估計如下，雌性：極限體長 $L_{\infty}=7.25$ cm (頭胸甲長)，成長參數 $K=0.39$ yr⁻¹，季節性震盪幅度參數 $C=0.8$ ，冬季低迷點 $WP=0.2$ ；雄性：極限體長 $L_{\infty}=5.04$ cm，成長參數 $K=0.44$ yr⁻¹，季節性震盪幅度參數 $C=0.8$ ，冬季低迷點 $WP=0.2$ 。利用體長組成漁獲物曲線，估計雌雄別全死亡率 (Z) 分別為 1.17 yr⁻¹ 及 1.23 yr⁻¹；利用生活史模式估計自然死亡率 (M) 為 0.42~0.65 yr⁻¹；雌雄別漁獲死亡率 (F) 分別為 0.52~0.75 yr⁻¹ 及 0.58~0.81 yr⁻¹；開發率 (E) 則分別為 0.44~0.64 及 0.47~0.66。加入模式經分析結果顯示，雄壯鬚蝦每年有兩次加入群進入。

關鍵詞：雄壯鬚蝦、宜蘭灣、成長、死亡、加入

前言

雄壯鬚蝦 *Aristeus virilis* (Bate, 1881) 為對蝦類鬚蝦科 Family Aristeidae Wood-Mason, 1891 的深海蝦類，其額角向前延伸超過眼睛，上額齒一般為 3 枚，頭胸甲不具眼後刺、頰刺、肝刺，但鰓甲刺與觸角刺明顯，尾柄具 3 或 4 對可動刺，甲殼硬質，眼睛發達，步足的長節與腕節具有紅色發光器，其數目為重要的分類特徵；腹肢延長，第一對腹肢長度約略等於頭胸甲長，推測其為底棲性蝦類，善泳並具有索餌洄游能力。雄壯鬚蝦通常棲息於水深超過 300 m 處，廣布於印度-西太平洋，北自日本、台灣、菲律賓、印尼、新喀里多尼亞、斐濟、澳洲、馬達加斯加，至南非等海域均可發現其分布 (李, 2002)。

鬚蝦科中有許多具有經濟價值的大型個體種類，例如產於地中海與大西洋維達角周邊海域的

觸角鬚蝦 *A. antennatus* (Risso, 1816)，便為當地的重要漁獲物種，其在 2007 年的總捕獲量將近 2,500 mt，最高漁獲量甚至達 4,000 mt 以上 (Sobrinho *et al.*, 2009)。

雄壯鬚蝦在個體新鮮時的體色鮮紅，並且雌蝦在成熟時的生殖腺發達，透過頭胸甲呈現為紫紅色，漁民因此而稱之為「胭脂蝦」。雄壯鬚蝦的體型碩大，最大成熟體長可達 20 cm 以上。近年隨著宜蘭灣傳統作業水深的漁獲資源減少，拖網漁船開始轉往較深的水域作業，而深海的雄壯鬚蝦便成為重要的拖網漁獲項目。雄壯鬚蝦的產量穩定，一年四季均可捕獲，平均每天約有 1~3 mt。目前在宜蘭縣大溪漁港與屏東縣東港漁港均有出產，並有專門捕撈的漁船。以大溪漁港來說，超過 15 cm 以上的個體會被分為大蝦，售價由 2010 年的每公斤 350 元，已漲至 2013 年的每公斤 500 元以上。

根據近年在宜蘭縣頭城鎮大溪漁港與蘇澳鎮南方澳漁港的採集調查，已記錄宜蘭灣產的鬚蝦科共有 4 屬 5 種，其中最具經濟價值者為雄壯鬚蝦與葉狀擬鬚蝦 *Aristaeomorpha foliacea*

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號; Tel: (02) 2462-2101 #2420; Fax: (02) 2463-3110; E-mail: scchuang@mail.tfrin.gov.tw

(Risso, 1827) (莊等, 2012)。由葉狀擬鬚蝦的生殖腺切片研究結果顯示, 其在 3~12 月皆可發現受精的個體, 生殖高峰約在 5~9 月間 (Kao, 1999); 但是有關雄壯鬚蝦漁業生物學的研究則完全闕如。因此, 本研究擬針對台灣東北部海域產之雄壯鬚蝦, 以體長頻度分析法進行研究, 探討其成長、死亡及加入模式等, 並比較各月份的雌雄性比等變化, 以補足過去研究的不足。本研究之結果亦可提供未來進行資源評估及管理之參考。

材料與方法

一、樣本採集

本研究之雄壯鬚蝦樣本, 係於 2010 年 1~9 月, 按月自宜蘭縣大溪漁港隨機採集。樣本皆由當地之拖網漁船於龜山島附近海域所漁獲, 共蒐集樣本 2,260 尾。樣本以游標尺量測全長 (TL) 及頭胸甲長 (CL), 精準至 0.1 cm, 並估計其迴歸關係式。體重 (W) 精準至 0.1 g, 並記錄其性別及有無精莖等。性比 (S) 以 $S = F / F + M$ 乙式表示, 並以卡方檢定 (Chi-square test) 性比是否與 0.5 有顯著差異。

二、全長與頭胸甲長、體重與體長關係式

體重與體長之關係以指數方程式 $W = a(L)^b$ 描述, 本研究將雄壯鬚蝦之全長及頭胸甲長與重量資料輸入 SAS (statistical analysis system) 套裝軟體, 求取雌雄樣本個別之全長與頭胸甲長、體重與體長關係式, 再利用變積分析法及最大概似法 (Kimura, 1980) 分別檢定雌雄間全長與頭胸甲長、體重與體長關係式是否有顯著差異。

三、體長頻度分析

本研究使用國際水產生物資源與管理研究中心 (International Center for Aquatic Resources Management, ICLARM), 所發展的 FiSAT (Gaynilo *et al.*, 2005) 軟體系統中的電子體長頻度分析 (electronic length frequency analysis, ELEFAN) 程式, 來估計 von Berralanffy growth

equation (以下簡稱 VBGE) 的成長參數。原始的 VBGE 並不包含季節性變化對於生物成長影響的部分, Pauly and Gaschutz (1979) 在 VBGE 中加入一正弦波, 發展出季節性變化之 VBGE, Pauly *et al.* (1992) 又加入 $CK / 2\pi \times \sin 2\pi (t - t_s)$, 使得當 $t = t_0$ 時, L_t 可為 0, 成為現在常用的季節性變化 VBGE。其可以下列表示:

$$L_t = L_\infty (1 - \exp(-K(t - t_0) + S_{ts} - S_{t_0}))$$

$$S_{ts} = CK / 2\pi \times \sin 2\pi (t - t_s)$$

$$S_{t_0} = CK / 2\pi \times \sin 2\pi (t_0 - t_s)$$

其中,

L_t 為 t 時間之魚體長。

L_∞ 為估計之極限體長。

exp 為指數。

π 為圓週率。

K 為成長係數。

t_0 為體長為零時之理論年齡。

C 為季節性震盪幅度參數, 與年溫差成正比, 溫差 1°C 相當於 C 值變化 0.1 個單位, 介於 0 (無震盪) 到 1 (最大震盪) 之間, 例如季節性變化對該種生物的成長沒有影響的話, 則 $C = 0$, 此時方程式回歸至原始的 VBGE。

t_s 為相對於 t_0 之震盪開始時間, 其值視該魚群之所謂冬季成長最低點 (winter Point, 簡稱 WP) 所在而定, 在北半球一般為 2 月中旬即 $WP = 0.2$ 。WP 與 t_s 的換算關係為 $t_s + 0.5 = WP$ 。

分析方法如下:

- (一) 按月隨機量測 200 尾以上之雄壯鬚蝦的體長, 建立體長頻度資料檔。
- (二) 利用 ELEFAN I 中反應曲面分析法 (response surface), 求得雌雄別極限體長、成長參數、季節性震盪幅度參數、冬季低迷點。反應曲面分析法為分別輸入 C 、WP, 及 L_∞ 、 K 一定範圍, 再從中選取 R_n 值最高的 L_∞ 及 K 值, 最後求出各參數最佳解。
- (三) 輸入所得到的 L_∞ 、 K 、 C 、WP 等值, 進行雌雄別成長曲線套適。
- (四) 利用 Hoenig (1983) 之生活史模式估計自然死亡率:

$$M = -\ln(0.01) / t_{\max} \text{ 及 } M = -\ln(0.05) / t_{\max}$$

其中,

t_{\max} 為最大觀測年齡。

Table 1 The specimens of *Aristeus virilis* were collected in I-lan bay

Month	Male		Female		Sex Ratio	Total
	n	Range of CL (cm)	n	Range of CL (cm)		
Jan	65	2.3 - 4.3	193	2.0 - 4.8	0.75*	258
Feb	81	2.2 - 4.6	129	2.1 - 6.5	0.61*	210
Mar	142	2.0 - 3.2	143	2.0 - 4.7	0.50	285
Apr	238	2.1 - 3.6	111	1.9 - 4.0	0.32*	349
May	136	2.0 - 3.1	95	2.0 - 6.6	0.41*	231
Jun	30	1.9 - 4.0	260	1.8 - 5.3	0.90*	290
Jul	127	1.9 - 4.0	143	1.8 - 5.3	0.53	270
Aug	96	2.0 - 3.8	108	2.1 - 6.8	0.53	204
Sep	76	3.0 - 4.8	87	3.5 - 7.0	0.53	163
Total	991	1.9 - 4.6	1,269	1.8 - 7.0	0.56*	2,260

*significant level, $P < 0.01$

利用 Pauly (1984)之迴歸方程式：

$$\ln(N_i / dt_i) = a + bt_i$$

其中，

N_i 為體長頻度分布第 i 組的數量。

t_i 為第 i 組體長組中間值之年齡，由 VBGE 反推算。

dt_i 為第 i 組體長上下限之年齡差。

(五) 以 $\ln(N_i / dt_i)$ 和 t_i 繪圖可得體長組成漁獲物曲線 (length-converted catch curve)，並對兩者做直線迴歸，所得的斜率即為 Z 。在輸入 M 值可求得漁獲死亡率 (F) 及開發率 (E)。

$$F = Z - M$$

$$E = F / Z$$

(六) 輸入 L_∞ 、 K 、 C 、 WP ，利用 FISAT 中的 ELEFAN II 求得加入群進入之型態 (recruitment patterns)。

結 果

一、樣本採集

本研究共計採獲宜蘭灣產雄壯鬚蝦之雄蝦 991 尾、雌蝦 1,269 尾，共 2,260 尾，性比為 0.56 (Table 1)。雌、雄之月別性比變化，1、2 及 4~6 月雌蝦較雄蝦來的多，經卡方檢定結果顯示有顯

著的差異外 ($P < 0.01$)，其它月份皆無顯著差異；而總樣本數之雌雄經檢定亦呈現顯著差異 ($\chi^2 = 1,130, P < 0.01$)，雌蝦數量略多於雄蝦。

雌雄具有性雙型，雄蝦的額角較短，長度不超過第二觸角鱗片板，雌蝦則額角發達，體型亦較大；最大雄蝦 CL 為 4.6 cm，CL 大於 2.5 cm 者，可見雄性交接器發育成熟，同時在最小 CL 2.6 cm 時可發現精莖；最大雌蝦 CL 為 6.5 cm，受精個體之最小 CL 為 2.7 cm，同時 CL 大於 4.7 cm 以上者，受精率 (帶有精莖) 達 87% 以上。於 1~4 月皆可發現受精的雌蝦，各月份之體長頻度分布如 Fig. 1。

二、全長與頭胸甲長、體重與體長關係式

使用變積分析法檢驗樣本內雌雄之間全長與頭胸甲長關係式之差異，顯示雌雄間無顯著差異，因此將其合併表示：

$$TL = 2.5296 CL + 2.5336$$

$$(n = 2,260, r^2 = 0.96, P < 0.01) \text{ (Fig. 2)}$$

利用 SAS 軟體之非線性迴歸模組 (nonlinear procedure) 估得雌、雄別之體重全長關係式及體重頭胸甲長關係式，再經由最大概似法檢定發現雄壯鬚蝦雌雄的體重與全長關係式、體重與頭胸甲長關係式均無顯著差異，因此將其合併表示：

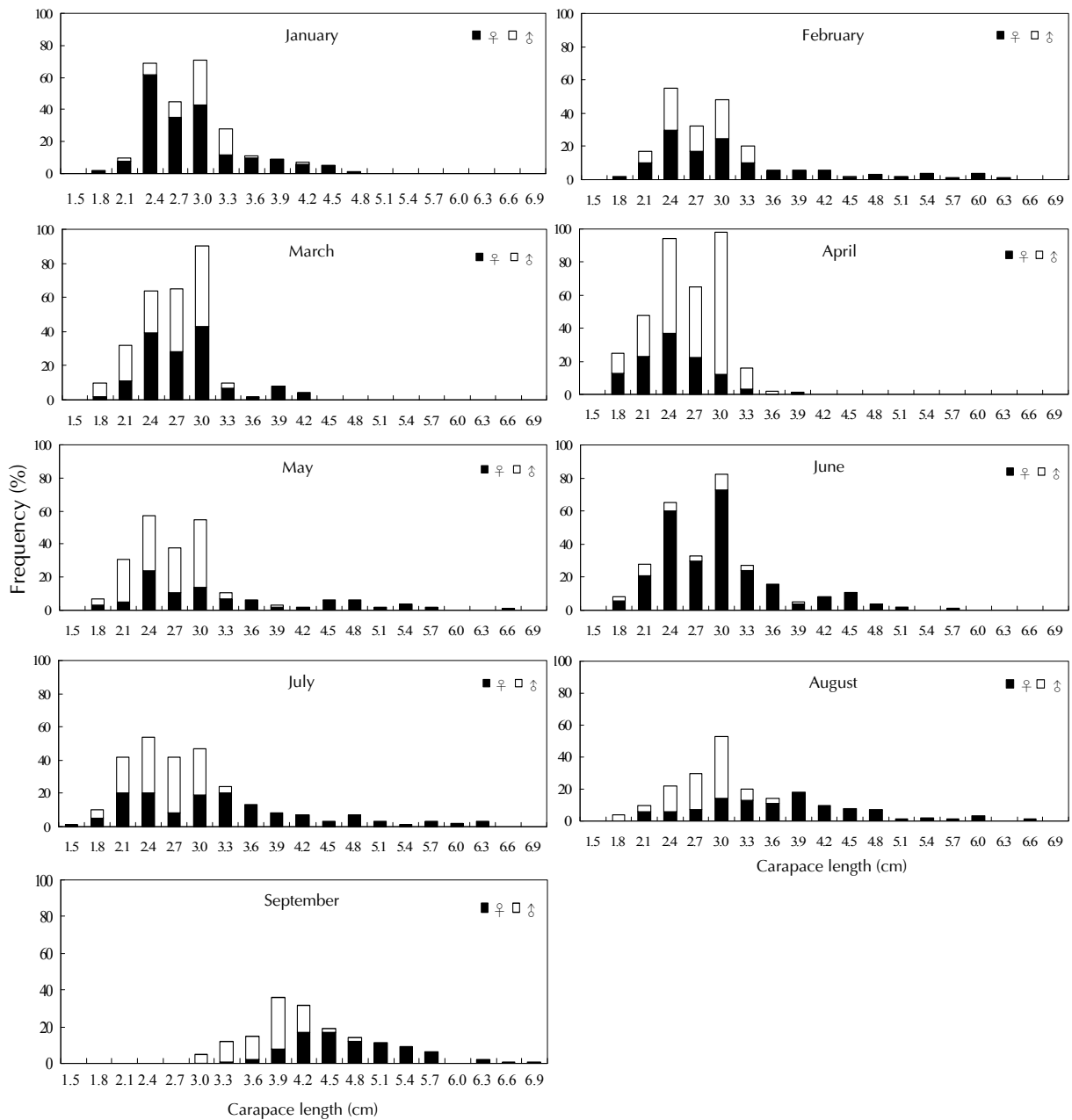


Fig. 1 Length-frequency distribution of *Aristeus virilis* from I-lan Bay in 2010.

$$W = 0.009 TL^{3.11}$$

(n=2,260, $r^2=0.97$, $P < 0.01$) (Fig. 3)

$$W = 0.839 CL^{2.44}$$

(n=2,260, $r^2=0.94$, $P < 0.01$) (Fig. 4)

三、體長頻度分析

(一) VBGE 成長參數

以反應曲面分析法分析樣本，得到雌雄別的成长參數分別為，雌：C=0.8，WP=0.2時，Rn

值最大 (Rn=0.333)，此時 L_{∞} 為 7.25 cm，K 為 0.39 yr^{-1} ；雄：C=0.8，WP=0.2時，Rn 值最大 (Rn=0.394)，此時 L_{∞} 為 5.04 cm，K 為 0.44 yr^{-1} 。在成長曲線套式中，分別輸入上述結果，即可得成長曲線 (Fig. 5)。

(二) 死亡率及加入模式

經由 Hoenig (1983) 之方程式，輸入最大觀測年齡 $t_{\max}=7$ ，估計雄壯鬚蝦的自然死亡率為 $M=0.42 \sim 0.65 \text{ yr}^{-1}$ 。體長組成漁獲物曲線如 Fig. 6 所

示，其斜率為全死亡率，雌雄分別為 $Z=1.17 \text{ yr}^{-1}$ 及 1.23 yr^{-1} 。雌雄別漁獲死亡率分別為 $F=0.52 \sim 0.75 \text{ yr}^{-1}$ 及 $F=0.58 \sim 0.81 \text{ yr}^{-1}$ ，雌雄別開發率則為 $E=0.44 \sim 0.64$ 及 $0.47 \sim 0.66$ 。

經由 FiSAT 加入群型態分析，輸入極限體長、成長參數、季節性震盪幅度參數、冬季低迷點，推算結果顯示一年有兩次加入群進入，分別在每年的 3 月及 8 月 (Fig. 7)。

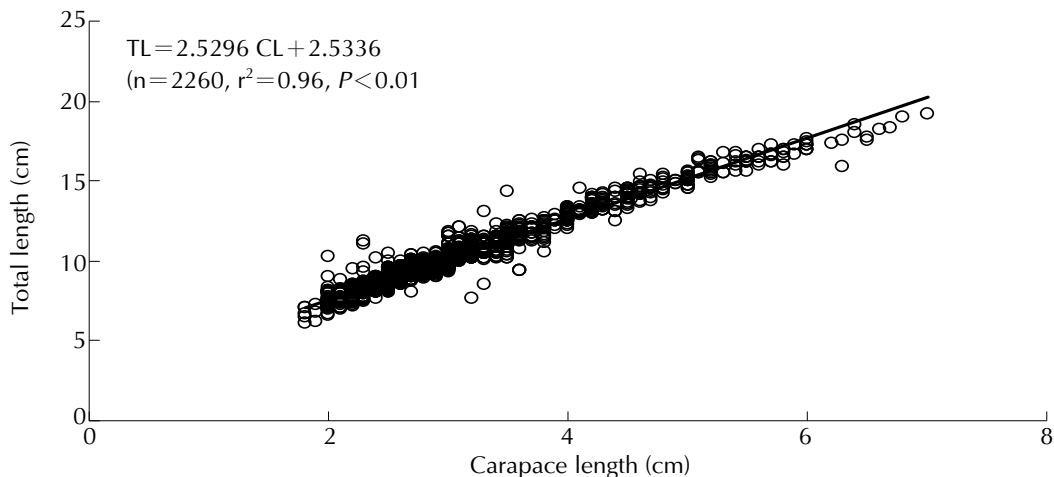


Fig. 2 Relationship between total length and carapace length of *Aristeus virilis*.

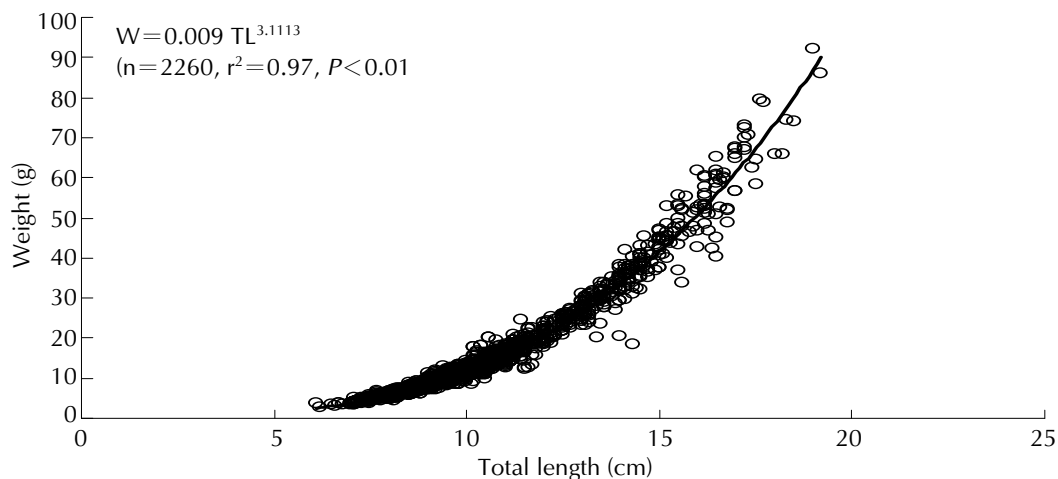


Fig. 3 Relationship between weight and total length of *Aristeus virilis*.

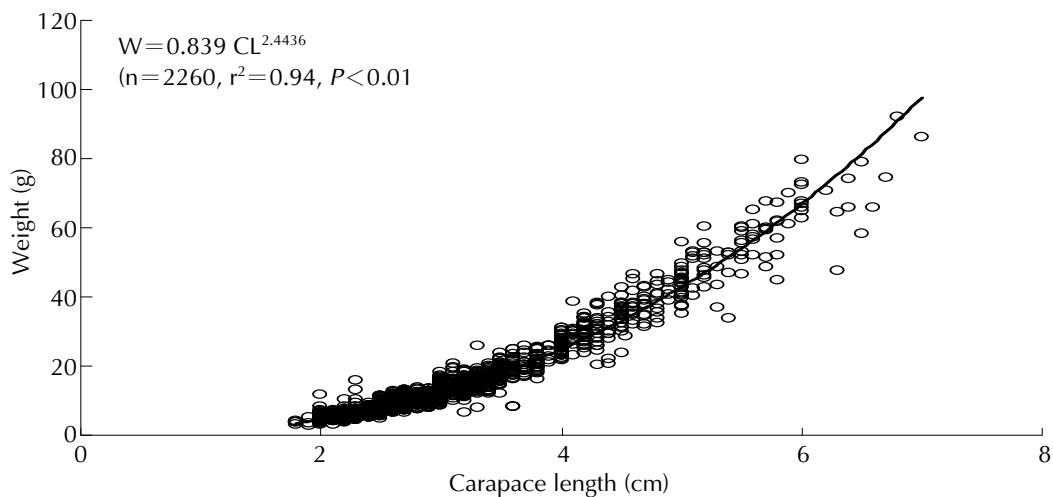


Fig. 4 Relationship between weight and carapace length of *Aristeus virilis*.

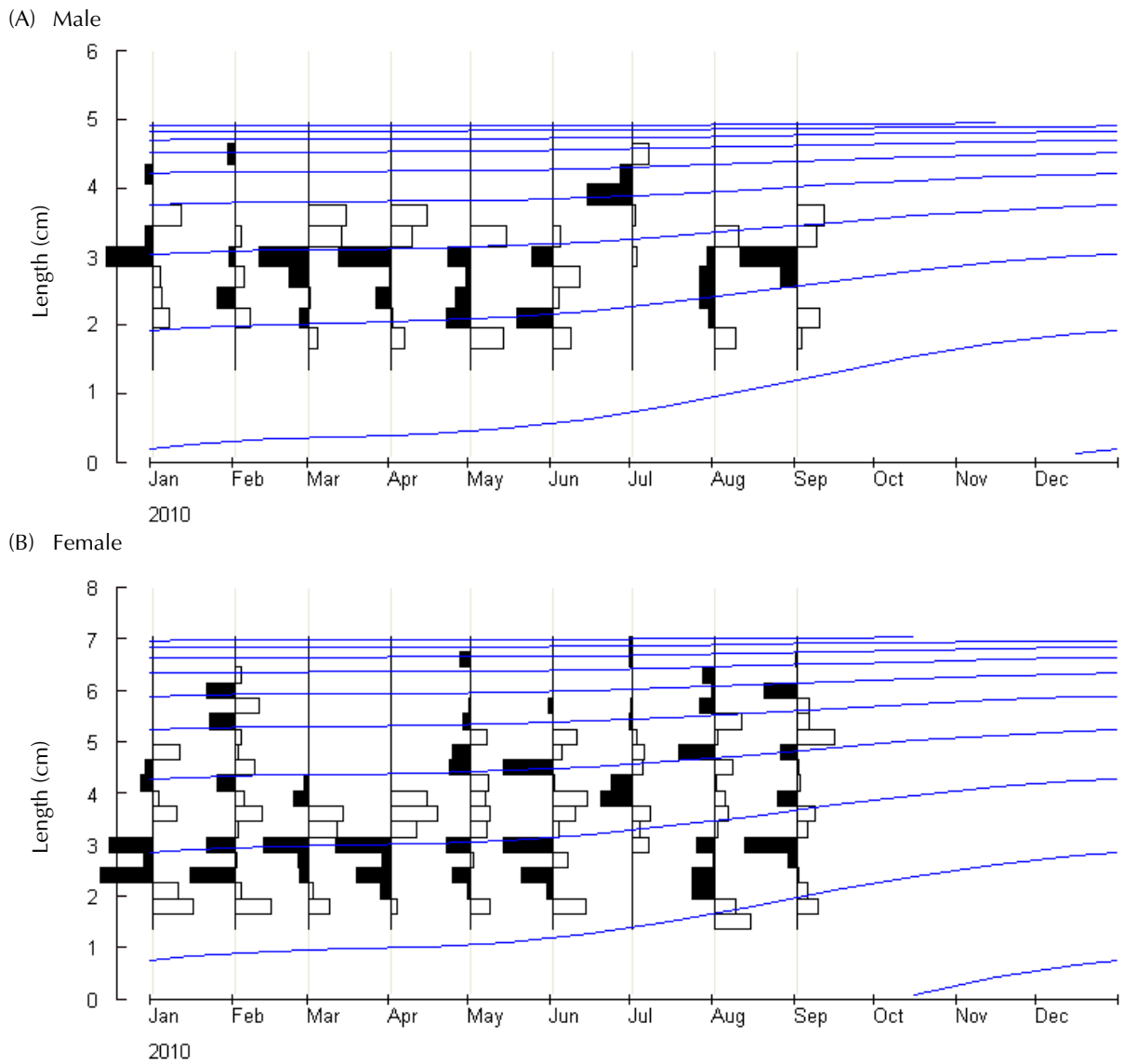


Fig. 5 Restructured length-frequency data and growth curve of *Aristeus virillis*.

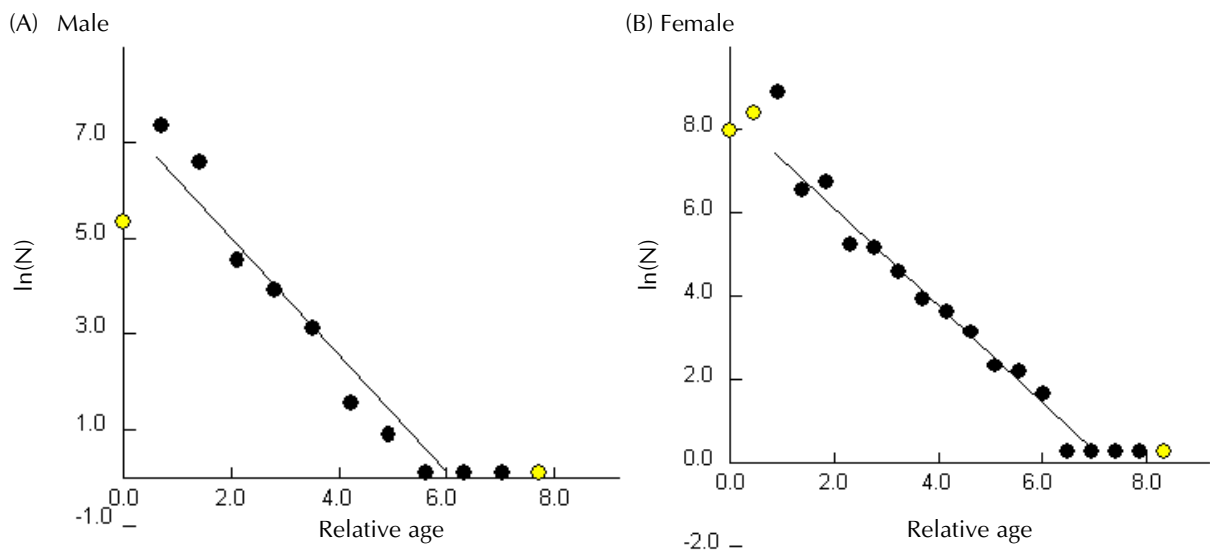


Fig. 6 The length-converted catch curve of *Aristeus virillis*.

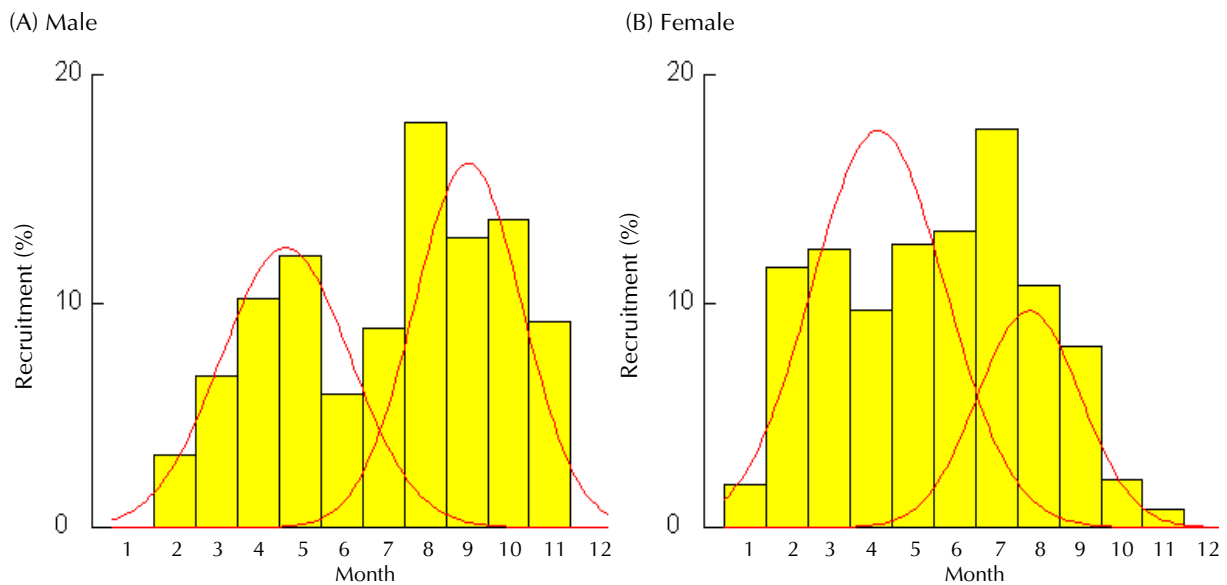


Fig. 7 Recruitment pattern of *Aristeus virilis*.

討論

目前對於蝦類生長參數的研究仍依賴體長頻度分析法 (曾, 1993; Orsi and Relini, 1998), 但底棲蝦類的採樣不易涵蓋到全部體長大小的個體, 體長組成會受垂直分布影響, 此分布行為主要與蝦類的攝食週期、季節週期及年齡大小等有關。例如產於大西洋的雜色鬚蝦 *A. varidens* 在較淺水域 (epibathyal) 的體長較小, 而在中深海區 (mesobathyal) 捕獲的體長較大 (Burukowsky, 1978); 觸角鬚蝦於冬末與春初時期在 800 m 水深的大陸斜坡的數量最多, 然後在夏末與秋初時, 開始移往較淺的水域 (Bas and Sardà, 1998)。此外, 台灣的漁船在捕獲後也常依蝦類的體型大小分成 2 至 3 級, 以不同價格販賣, 如漁民分類後再採樣較容易造成採樣有所偏差。因此, 本研究委請船長在大小分類前完成樣本採集工作, 以降低採樣誤差。

深海鬚蝦在地中海周邊國家為重要的深海拖網漁業資源, 作業深度約為 800 ~ 1000 m, 其主要的漁獲種類為葉狀擬鬚蝦與觸角鬚蝦 (Demestre, 1994a; Ragonese *et al.*, 1994)。而台灣的鬚蝦漁業則在近幾年開始受到重視, 屬於當日來回的近海拖網漁業, 漁船規模相對較小, 以 CT1、CT2 船為主, 主要產地在宜蘭縣大溪漁港與屏東縣東港

漁港, 其中宜蘭灣的作業水深約為 300 ~ 500 m, 主要漁獲對象為雄壯鬚蝦與葉狀擬鬚蝦。

本研究採樣之雄蝦 CL 範圍為 1.9 ~ 4.6 cm, 平均為 2.8 cm; 雌蝦之 CL 則為 1.8 ~ 7 cm, 平均為 3.2 cm。結果與 Sobrino *et al.* (2009) 於西印度洋莫三鼻克海域對雄壯鬚蝦的研究結果相似, 其採樣之 CL 範圍為 2.0 ~ 7.3 cm 之間, 顯示本研究採樣之體長大小範圍應屬合理。蝦類的性比會因為採樣的時間、地點與種類而有所不同, 本研究雄壯鬚蝦之雌雄比為 1.3 : 1, 經檢定後有顯著差異, 與高 (1999) 針對鬚蝦科的研究結果相符, 推測可能的原因有二, 其一為雌蝦與雄蝦棲息的深度不同, 漁船的作業水深影響到捕獲蝦類之性比, 另一為性比會因為性別間之死亡率或成長速率不同而有差異。

宜蘭灣的雄壯鬚蝦, 雌雄的成長參數分別為 $K=0.39$ 及 0.44 yr^{-1} , 介於其他蝦類之成長參數 $0.39 \sim 1.6 \text{ yr}^{-1}$ 之間 (Pauly *et al.*, 1984), 也與葉狀擬鬚蝦 ($0.42 \sim 0.45 \text{ yr}^{-1}$) 及觸角鬚蝦 ($0.21 \sim 0.56 \text{ yr}^{-1}$) 之研究結果相似 (Florentino *et al.*, 1998; Tursi *et al.*, 1998; D'Onghia *et al.*, 2005)。而雌雄別成長指數 (Φ') 分別為 1.31 及 1.05, 也同時介於其他鬚蝦科研究的 $0.86 \sim 3.32$ 之間 (Angelo *et al.*, 2002), 顯示本研究推估之參數應屬合理。

蝦類的全死亡率及自然死亡率會因為生活環境的不同、季節性的遷徙與漁獲壓力而有所不同，也與生活史參數例如成長速率、性成熟年齡及最大年齡息息相關 (Papaconstantinou and Kapiris, 2003)。本研究所估計之全死亡率雄蝦較雌蝦高，可能是因為生殖期性別間有洄游行為或遷移至其它適合產卵之水域的關係。自然死亡率的部分，由於龜山島海域常年有專營捕撈深海鬚蝦的漁船，故無法與其它地區無漁獲壓力之鬚蝦科資源相較，或採用其 $M=Z$ 的方式來估計自然死亡率 (Papaconstantinou and Kapiris, 2003; D'Onghia *et al.*, 2005)，因此改採用生活史模式估計雄壯鬚蝦之自然死亡率。

另外，產於西西里海峽觸角鬚蝦的成長與加入模式研究，發現夏季的個體較小，平均頭胸甲長約為 2.8 cm，在隔年可成長到 4.4 cm (Ragonese and Bianchini, 1996)；其加入群在 9 月出現，平均頭胸甲長分別為 2.3 與 2.7 cm，到隔年 7 月則成長為 4.3 與 4.7 cm (D'Onghia *et al.*, 1997)。加入模式研究之結果則顯示雄壯鬚蝦每年有兩次加入群進入，分別為每年的 3 及 8 月，加入模式與大西洋產之觸角鬚蝦不同，但符合本研究最小體長樣本出現的月份。

歐洲於 1980 年代便開始針對深海鬚蝦進行許多研究 (Ragonese, 1989; Demestre, 1994b; Ragonese and Bianchini, 1995; Bianchini, 1999)，其中產於地中海 Ligurian sea 的觸角鬚蝦，最早被開發利用，但其 CPUE 在 1987 年開始下滑，推測其已達最大漁撈率 (F_{max})。目前的研究歸納出鬚蝦屬於成長緩慢、壽命較長的蝦種，故漁業當局建議應改採較保守的 $F_{0.1}$ 策略 (Florentino *et al.*, 1998)。

本研究顯示目前宜蘭灣的雄壯鬚蝦之利用仍處於低度開發狀態，該海域的漁獲努力量尚不至於導致族群過漁，但需要注意的是因其作業漁法為底拖網，網具拖行時將造成海底棲地的破壞，而微棲地的改變對於底棲性物種如雄壯鬚蝦等之生態影響尚未究明。台灣的深海蝦拖網漁業受限船隻與網具技術，約於 1996 年才開始超過 400 m 以深，過去對其關注較少，而深海因環境穩定，生態系的變動緩慢，漁業行為對其干擾的程度亦有待評估，故此對於宜蘭灣的雄壯鬚蝦之利用，應鼓勵漁民建立漁撈日誌，掌握漁獲努力量、產

量、漁場範圍等之變動，以利未來建立管理規範。

參考文獻

- 李定安 (2002) 台灣週邊水域深海十足目枝鰓亞目的分類與分布研究. 國立台灣海洋大學博士論文, 138 pp.
- 高慧貞 (1999) 臺灣東北海域兩種長鬚蝦之生物學研究. 國立海洋大學碩士論文, 90 pp.
- 莊世昌, 陳威克, 吳全橙, 吳繼倫, 陳天任 (2012) 宜蘭灣產深海鬚蝦之分類. 水產研究, 20(1): 17-26.
- 曾宗德 (1993) 臺中港附近海域產紅班赤蝦之年齡成長研究. 國立臺灣海洋大學碩士論文, 75 pp.
- Angelo C., A. Carbonell, M. C. Follesa, A. Mannini, G. Norrito, L. Orsi-relini, C. Politou, S. Ragonese and P. Rinelli (2002) MEDITS-based information on the deep-water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus* (Crustacea: Decapoda: Aristeidae). SCI. MAR., 66 (Suppl. 2): 103-124.
- Bas, C. and F. Sardà (1998) Long-term morphometric variation in a population of the deep-sea shrimp *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) (Decapoda, Aristeidae). Crustaceana, 71: 369-377.
- Bianchini, M. L. (1999) The deep-water red shrimp, *Aristaeomorpha foliacea*, of the Sicilian Channel: biology and exploitation. Ph.D. these, University of Washington, Seattle, WA, USA.
- Burukowsky, R. N. (1978) Biology of the shrimp *Aristeus varidens*. Sov. J. Mar. Biol., 4(3): 690-697.
- Demestre, M. (1994a) Biology and demography of *Aristeus antennatus* in the Catalan Sea (NW mediterranean). In Life Cycles and Fisheries of the Deep-water Red Shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus* (M. L. Bianchini and S. Ragonese eds.), N.T.R.-I.T.P.P., Mazara., 17-18 pp.
- Demestre, M. (1994b) Fishery and population dynamics of *Aristeus antennatus* on the Catalan coast (NW Mediterranean). In Life Cycles and Fisheries of the Deep-water Red Shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus* (M.L. Bianchini and S. Ragonese eds.), N.T.R.-I.T.P.P. Spec. Publ., 3: 19-20.
- D'Onghia, G., A. Matarrese, P. Maiorano and M. Panza (1997) Recruitment pattern of *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) (Decapoda: Aristeidae) from the north-western Ionian Sea. Biol. Mar. Medit., 4(1): 244-253.
- D'Onghia, G., F. Capezzuto, Ch. Mytilineou, P. Maiorano, K. Kapiris, R. Carlucci, L. Sion and A.

- Tursi (2005) Comparison of the population structure and dynamic of *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) between exploited and unexploited areas in the Mediterranean Sea. *Fish. Res.*, 76: 22-38.
- Florentino, F., L. Orsi Relini, G. Relini and A. Zamboni (1998) A remarks about the optimal harvest strategy for red shrimps (*Aristeus antennatus* Risso, 1816) on the basis of the Ligurian experience. *In* *Dynamique des Populations Marines* (Lleonart K. ed.) Zaragoza: CIHEAM, 323-333.
- Gayanilo, F. C. Jr., P. Sparre and D. Pauly (2005) The FAO-ICLARM stock assessment tools II (FiSAT II) user's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries), No. 8, FAO, Rome., 168 pp.
- Hoenig, J. M. (1983) Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull. US*, 8(1): 898-903.
- Kao, H. C., T. Y. Chan and H. P. Yu (1999) Ovary development of the deep-water *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1826) (Crustacea: Decapoda: Aristeidae) from Taiwan. *Zool. Stud.*, 38(4): 373-378.
- Kimura, M. (1980) A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol.*, 16: 111-120.
- Orsi Relini, L. and G. Relini (1998) Long term observations of *Aristeus antennatus*: Size-structures of the fished stock and growth parameters, wthe some remarks about the "recruitment". *Cahiers options Mediterranennes*, Vol. 35: 311-322.
- Papaconstantinou, C. and K. Kaporis (2003) The biology of the giant red shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*) at an unexploited fishing ground in the Greek Ionian Sea. *Fish. Res.*, 62: 37-51.
- Pauly, D. and G.. Gaschutz (1979) A simple method for fitting oscillating length growth data with aprogram for pocket calculator. *ICES CM* 1979/G: 24. Demersal Fish Cttee., 26 pp.
- Pauly, D. (1983) Length-converted catch curves, a powerful too for fisheries research in the tropics. Part I. *Fishbyte* 1: 9-13.
- Pauly, D., M. Soriano-Bartz, J. Moreau and A. Jaree-Teichmann (1992) A new model accounting for seasonal cessation of growth in fishes. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 43: 1151-1156.
- Ragonese, S. and M. L. Bianchini (1995) Size at sexual maturity in red shrimp females, *Aristaeomorpha foliacea*, from the Sicilian Channel (Mediterranean Sea). *Crustaceana*, 68: 73-82.
- Ragonese, S. (1989) Prima valutazione dello stock di *Aristaeomorpha foliacea* del Canale di Sicilia. *Nova Thalassia*, 10(Suppl. 1): 457-465.
- Ragonese, S., M. L. Bianchini, L. Di. Stefano, S. Campagnuolo and F. Bertolini (1994) *Aristeus antennatus* in the Sicilian Channel. *In* *Life Cycles and Fisheries of the Deep-water Red Shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus** (M. L. Bianchini and S. Ragonese eds.), N.T.R.-I.T.P.P. Spec. Publ., 3: 44.
- Ragonese, S. and M.L. Bianchini (1996) Growth, mortality and yield-per-recruit of the deep-water shrimp *Aristeus antennatus* (Crustacea-Aristeidae) of the Strait of Sicily (Mediterranean Sea). *Fish. Res.*, 26: 125-137.
- Sobrino, I., N. Dias, I. Muñoz1, F. Salmerón and D. Varela (2009) Distribution patterns and biological characteristics of *Aristeus Antennatus* (Risso, 1816) and *Aristeus Virilis* (Bate, 1881) in Mozambique waters of the western Indian Ocean. *J. Mar. Sci.*, 8(1): 19-59.
- Tursi, A., A. Matarrese, G. D'Onghia, P. Maiorano and M. Panza (1998) Sintesi delle ricerche sulle risorse demersali del Mar Ionio (da Capo d'Otranto a Capo Passero) realizzate nel periodo 1985-1997. *Biol. Mar. Medit.*, 5(3): 120-129.

Growth, Mortality, and Recruitment of *Aristeus virilis* in the Northeastern Waters off Taiwan

Wei-Ke Chen¹, Shih-Chang Chuang^{1*}, Chuan-Chen Wu¹,
Chi-Lun Wu¹ and Kwang-Ming Liu²

¹Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

²Institute of Marine Affairs and Resource Management, National Taiwan Ocean University

ABSTRACT

A total of 2,260 specimens of *Aristeus virilis* were collected monthly at the Daishi fish market in I-lan from January to September 2010. Seasonal growth parameters, mortality, exploitation rate, and recruitment pattern of this species were estimated from the length-frequency data with ELEFAN. Parameters of the von Bertalanffy growth equation with seasonal fluctuations were estimated as follows: asymptotic length (L_{∞}) = 7.25 cm (carapace length), growth coefficient (K) = 0.39 yr⁻¹, amplitude of growth oscillation (C) = 0.8, winter point (WP) = 0.2, and L_{∞} = 5.04 cm, K = 0.44 yr⁻¹, C = 0.8, WP = 0.2 for females and males, respectively. The total mortalities (Z) estimated by using the length-converted catch curve were 1.17 yr⁻¹ and 1.23 yr⁻¹ for females and males, respectively. The natural mortality (M) estimated from life history models was 0.42-0.65 yr⁻¹. The fishing mortalities (F) were 0.52-0.75 yr⁻¹ and 0.58-0.81 for females and males, respectively. The exploitation rates (E) for females and males were 0.44-0.67 and 0.47-0.66, respectively. The recruitment pattern suggested that recruitment occurs twice a year.

Key words: *Aristeus virilis*, I-lan bay, growth, mortality, recruitment

*Correspondence: Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Road, Keelung 20246, Taiwan.
TEL: (02) 2462-2101; Fax: (02) 2463-3110; E-mail: scchuang@mail.tfrin.gov.tw