

## 龜山島海域產正櫻蝦之年齡與成長

趙士龍<sup>1</sup>·劉富光<sup>1</sup>·黃沂訓<sup>2</sup>·吳繼倫<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>行政院農委會水產試驗所淡水繁養殖研究中心竹北試驗場

<sup>2</sup>國立台灣海洋大學水產養殖系

<sup>3</sup>行政院農委會水產試驗所海洋漁業組

### 摘要

本研究於 2003 年 6 月至 2005 年 3 月間，以水試一號試驗船於龜山島海域進行計 7 航次之 IKMT 拖網採樣，並使用 ICLARM 所發展的 FISAT 軟體進行正櫻蝦年齡與成長研究。研究期間計測量正櫻蝦體長 16820 尾；其中雌、雄蝦分別為 9,778 及 7,042 尾，據以推估雌、雄與雌雄合併的 VBGF 之二成長參數即成長係數 (K) 與極限體長 ( $L_{\infty}$ )，分示如下：(1) 雌蝦： $K = 1.4 \text{ year}^{-1}$ 、 $L_{\infty} = 51.50 \text{ mm}$ ；(2) 雄蝦： $K = 1.01 \text{ year}^{-1}$ 、 $L_{\infty} = 50.21 \text{ mm}$ ；(3) 雌、雄合併： $K = 1.21 \text{ year}^{-1}$ 、 $L_{\infty} = 51.32 \text{ mm}$ 。分析台灣龜山島海域、東港海域與日本駿河灣所產正櫻蝦的成長表現指數 ( $\sigma'$ ) 顯示： $\sigma'$  以東港海域最高，次為龜山島海域，而以日本駿河灣為最低。依據三海域地理分布研判棲息水溫是影響正櫻蝦成長的重要因子。

關鍵詞：正櫻蝦、龜山島、本托蘭斐成長方程式

### 前言

正櫻蝦 (sergestid shrimp, *Sergia lucens*) (Fig.1)，俗稱「花殼仔」，為櫻蝦漁業之主要漁獲對象 (大森, 1989)。台灣櫻蝦漁業的漁場主要分布於台灣西南海域及東北海域。台灣西南海域的櫻蝦漁業發展迄今已有 20 餘年歷史，本漁業資源主要為屏東縣東港地區沿近海漁民所利用，在資源永續利用思維下，漁民自組產銷班並經由產官學努力而發展出地域性的自律資源管理模式。

台灣櫻蝦漁業由 2000 年之後產量為 500 ~ 1,000 mt 間，期間除了 2001 年因日本經濟景氣低迷及國內產銷失衡的影響造成價格下跌外，本漁業的年產值達新台幣 2 ~ 3 億元且逐年增高 (Fig. 2)。目前台灣正櫻蝦年漁獲量有 80% 以上外銷至日本，以供日本的櫻蝦消費市場所需 (陳等, 1994; 陳等, 1995; 陳, 1999)。台灣西南海域之櫻蝦漁業屬重要的沿岸漁業之一，但由於已充分開發且近

年捕獲正櫻蝦之平均體長呈現小型化，顯示有過漁的隱憂。因此櫻蝦新漁場的開發勢必為台灣櫻蝦漁業發展的重點之一 (李, 2002; 陳, 2006; Chen and Su, 1993)。

1996 年行政院農委會水產試驗所在台灣沿近海進行自游性蝦類的採集與調查，發現台灣東北部龜山島海域存在豐富的正櫻蝦族群，2002 年開始即致力於東北部龜山島海域的正櫻蝦族群之調查工作，並進行系列有關之資源量評估、族群生態及生物學等研究 (李等, 1996; 李等, 2003)。2005 年水產試驗所輔導宜蘭地區漁民成立產銷班，開始推廣東北部龜山島海域櫻蝦漁業的商業性開發。由於目前對台灣東北海域櫻蝦資源有關之研究都仍缺乏，為確保本資源的永續利用，實有必要建立正櫻蝦基礎漁業生物學資訊，以供未來本資源評估與各項管理措施制定所需。

本研究探討台灣東北部龜山島海域產正櫻蝦之生物特徵參數，包括體長、體重關係、性比、族群結構、成長參數及補充群進入型態等。所得結果可作為評估龜山島海域櫻蝦漁業資源之參考，俾利台灣龜山島海域櫻蝦漁業的發展。

\*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號; TEL: (02) 2463-5505; FAX: (02) 2463-3110; E-mail: clwu@mail.tfrin.gov.tw

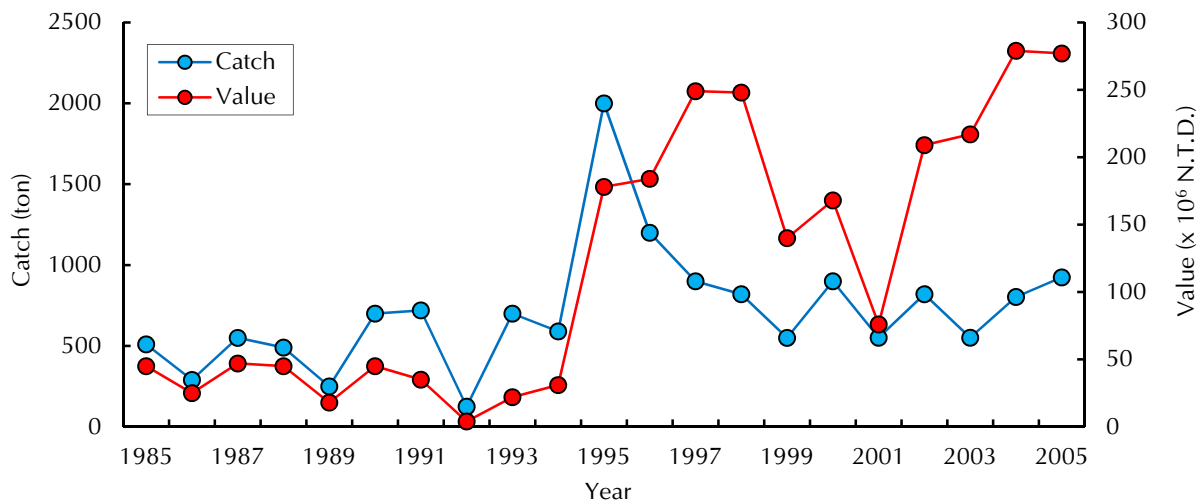


Fig. 2 Production of the sergestid shrimp fishery of Taiwan between 1985~2005.



Fig. 1 *Sergia lucens* (Hansen, 1922).

## 材料與方法

### 一、材料

#### (一) 試驗船及使用網具

本研究使用水試一號試驗船 (1,948噸, 主機 3,600匹馬力) 裝設的科學魚探 (EK500) 以研判

正櫻蝦分布水層及分布量。使用中層拖網 Isaacs-Kidd Midwater Trawl (IKMT) 以採集正櫻蝦, 本網具的網口面積 3 m<sup>2</sup>, 其中袋網直徑 0.52 m、網目為 0.3 mm。網具拖曳速度約為 3 節, 並由網位計 (SCANMAR Model RX400) 控制拖曳深度。

#### (二) 採樣時間、地點及樣本測量

採樣時間依據國家海洋科學研究中心所定義之季別 (春季3~5月、夏季6~8月、秋季9~11月及冬季12~2月), 由 2003 年 6 月到 2005 年 3 月計進行 7 航次、206 網次的採樣。調查區域主要於 24°43' ~ 55'N, 121°54' ~ 122°06'E 間的龜山島東方海域, 水深約達 100~1000 m (Fig. 3)。

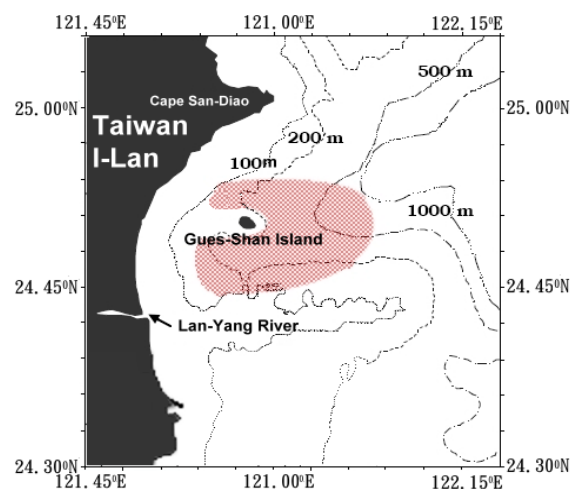


Fig. 3 Fishing ground of Sergestid shrimp around waters of Gui-San Island.

試驗船所漁獲的生鮮樣本先經初步分類 (林, 2000; 李, 2002; 李等, 2003) 並篩選各代表性樣本拍攝記錄特徵後, 置於  $-80^{\circ}\text{C}$  冰箱保存。在進行正櫻蝦樣本體長體重測定時, 冷凍樣本先經浸水解凍後細部分類, 篩選出之正櫻蝦樣本使用吸水紙將蝦體表水分充分拭乾, 以電子游標尺測量頭胸甲長、體長至  $0.01\text{ mm}$ ; 並以電子天秤稱量體重至  $0.001\text{ g}$ 。樣本經測量後以 10% 濃度的福馬林液固定 1~3 日, 保存於 70% 濃度的乙醇中。

## 二、資料分析

### (一) 體長與體重關係

體長體重關係為族群的重要生物特徵值, 其關係式以指數方程式  $[W=a(L)^b]$  描述; 式中  $W$ : 體重 (g);  $L$ : 體長 (mm);  $a$ 、 $b$ : 常數。

正櫻蝦體長、體重數據經自然對數轉換後繪圖呈直線關係, 即  $\ln W = \ln a + b \ln L$ , 經由套用直線迴歸關係可分別估得  $a$ 、 $b$  值。雌、雄正櫻蝦體長與體重關係間的差異以變積分析法 (Analysis of Covariance) 進行分析。

### (二) 體長與性比關係

雄性正櫻蝦的腹節第一對腹肢內側具有交接器, 雌蝦則無此交接器, 此分類準則可作為性別判斷之依據 (Omori, 1969)。

計算每航次所採得正櫻蝦樣本的雌蝦及雄蝦數, 並把樣本依據體長由  $25\text{ mm}$  開始以組距  $5\text{ mm}$ , 分為 5 組。本研究依據體長別, 使用卡方檢定 (chi-square test) 及  $Z$  檢定 ( $Z$  Test) 分別檢定各體長別間雌雄比是否與一般上假設之 1:1 有顯著差異。

檢驗一個樣本平均數 ( $\bar{X}$ ) 與一個已知的總體平均數 ( $\mu_0$ ) 的差異是否顯著。其  $Z$  值計算公式為:

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

式中:  $\bar{X}$  是檢驗樣本的平均數;  $\mu_0$  是已知總體的平均數;  $S$  是樣本的標準差;  $n$  是樣本容量。  $Z$  值與  $P$  值關係:  $Z(0.05) = 1.96$  (顯著:  $P < 0.05$ ),  $Z(0.01) = 2.58$  (極顯著:  $P < 0.01$ )。

### (三) 成長方程式的估算

本研究使用國際水產資源與管理中心 (International Center for Aquatic Resources Management, ICLARM) 所研發之 FiSAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) 軟體系統中電子體長頻度分析 (Electronic Length Frequency Analysis, ELEFAN) 程式分析正櫻蝦的體長頻度時序變化, 以估算本托蘭斐成長方程式 (Von Bertalanffy growth formula) 之成長參數。

由於蝦類成長具有顯著的季節性變化, 本研究採用可反映不同季節對成長影響的季節性變化本托蘭斐成長方程 (Seasonalized VBGF) (Pauly and Gaschutz, 1979; Pauly, 1981; Somer, 1988):

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0) - (CK/2\pi) \times \sin 2\pi(t-t_0) + (CK/2\pi) \times \sin 2\pi(t-t_s)}]$$

式中:  $L_t$  為  $t$  年齡之體長;  $L_{\infty}$ : 為極限體長 (asymptotic length);  $t_0$  為  $L_t = 0$  時之理論年齡 (the theoretical age at zero length), 一般以 ELEFAN 推算 Seasonalized VBGF 參數時有限制性條件假設  $t_0 = 0$ ;  $K$  為成長參數 (growth coefficient);  $e$  為自然指數;  $C$  為季節性振蕩幅度參數 (seasonal oscillation) 與年溫差為正比, 溫差 1 度相當於變化 0.1 單位, 其值介於 0 (無振蕩) 到 1 (最大振蕩) 之間;  $t_s$  為成長曲線起伏變化的起點, 其值視生物棲息地冬季低迷點 (Winter Point, WP) 而定, 把一年 12 個月換算為 0 到 1 之間, 生物一年中成長最慢的時段即為其 WP 所在, 在北半球一般為 2 月中旬, 即  $WP = 0.2$ 。而 WP 與  $t_s$  的換算關係為  $t_s = WP - 0.5$  (方, 1997), 因此, 本研究  $t_s$  為  $-0.3$ 。

體長組幅 (class interval) 係採用葉 (1964) 中 Snedecor 及 Sturges 提出的兩方法分別估算最適組幅以進行正櫻蝦體長資料的分組。分組組幅計算方法如下:

$$\text{組幅} = \text{Range} / (\text{Range} / \text{S.D.}) \times 4 \dots (\text{Snedecor})$$

$$\text{組幅} = \text{Range} / 1 + 3.322 \log N \dots (\text{Sturges})$$

由於 Snedecor 法求出的組幅較小, Sturges 法求出的組幅較大, 依葉 (1964) 建議以兩結果平均, 再取適當數值為分組組幅。

最適 VBGF 成長參數的取決, 係依據各參數所輸入的 (起始) 值, 經各種組合以 FiSAT 中曲面反應分析 (Response Surface) 搜尋程序決定。

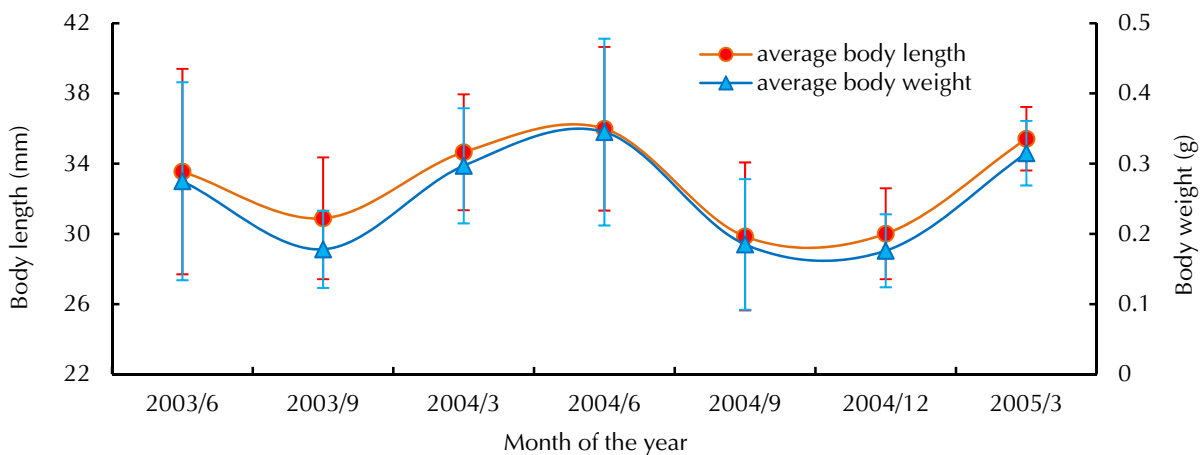


Fig. 4 Relationships of seasonal averaged body length and weight ( $\pm 1SD$ ) of sergestid shrimp.

#### (四) 成長表現指數

在系群間成長差異顯著性檢定時，由於傳統統計方法無法同時進行系群間的成長參數  $K$  與  $L_{\infty}$  的差異顯著性檢定，Pauly and Munro (1984) 將  $K$  與  $L_{\infty}$  整合為一成長表現指數 (growth performance index,  $\phi'$ )，用以進行系群、性別、地區或不同方法間所估得的成長參數差異性比較。

$$\phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_{\infty}$$

#### (五) 補充群加入型態 (Recruitment Patterns)

經由 FiSAT 中補充群型態判別程序，依據推估的成長方程式，將樣本體長反推為年齡，再繪製反推為年齡後的頻度資料以顯示補充群進入之型態 (Pauly, 1987)。

在程序中分別輸入正櫻蝦及正櫻蝦雌蝦、雄蝦的  $L_{\infty}$ 、 $K$ 、 $C$ 、 $WP$ 、 $t_0$  後，利用最大概似率法 (maximum likelihood approach)，呈現常態分布曲線中最高峰位置，推算結果顯示正櫻蝦及正櫻蝦雌蝦、雄蝦之補充群進入時間。

## 結 果

### 一、正櫻蝦體長與體重關係

#### (一) 體長與體重季別變化

Figure 4 為龜山島海域正櫻蝦之體長與體重的季別變動趨勢，正櫻蝦體長主要分布於 29.54 ~

35.99 mm，體重分布於 0.176 ~ 0.345 g。夏季到秋季期間正櫻蝦之平均體長與體重均呈現下降趨勢，而秋季到次年夏季呈現上升趨勢。

#### (二) 體長體重關係式

Figure 5 為雌、雄蝦及雌、雄蝦合併所估算的正櫻蝦之體長體重關係式分別如下：

$$\text{雌蝦： } W = 4.892 \times 10^{-6} BL^{3.064} \quad (n = 9,778)$$

$$\text{雄蝦： } W = 8.728 \times 10^{-6} BL^{2.898} \quad (n = 7,042)$$

$$\text{雌、雄蝦合併： } W = 5.746 \times 10^{-6} BL^{3.018} \quad (n = 16,820)$$

各季別航次所採集正櫻蝦樣本的體長與體重關係式中之  $a$ 、 $b$  參數值詳列於 Table 1。將雌、雄正櫻蝦體長、體重以對數轉換所估得的迴歸直線經由變積分析比較，顯示 7 航次中有 5 航次雌、雄正櫻蝦體長與體重關係式的斜率相比呈顯著差異 ( $p < 0.05$ )，而斜率無差異的 2 航次中體長與體重關係式的截距相比也都有顯著差異，表示各季別航次雌、雄正櫻蝦的體長與體重關係式皆呈現顯著差異。

此外，將龜山島海域各季別航次合併後雌、雄正櫻蝦分別計算體長、體重 (對數值) 之迴歸關係經由變積分析，結果顯示雌蝦與雄蝦之體長與體重關係未依相同比例增加是有極顯著差異的 ( $p < 0.01$ )；雌、雄正櫻蝦間體長與體重關係式中之斜率值分別為 3.064 與 2.898 (Table 1)，且在各航次的樣本中雌、雄正櫻蝦體長與體重關係式的斜率值，雌蝦皆大於雄蝦，顯示兩性在同一體長之下體重有不同，雌蝦有較高的體重。

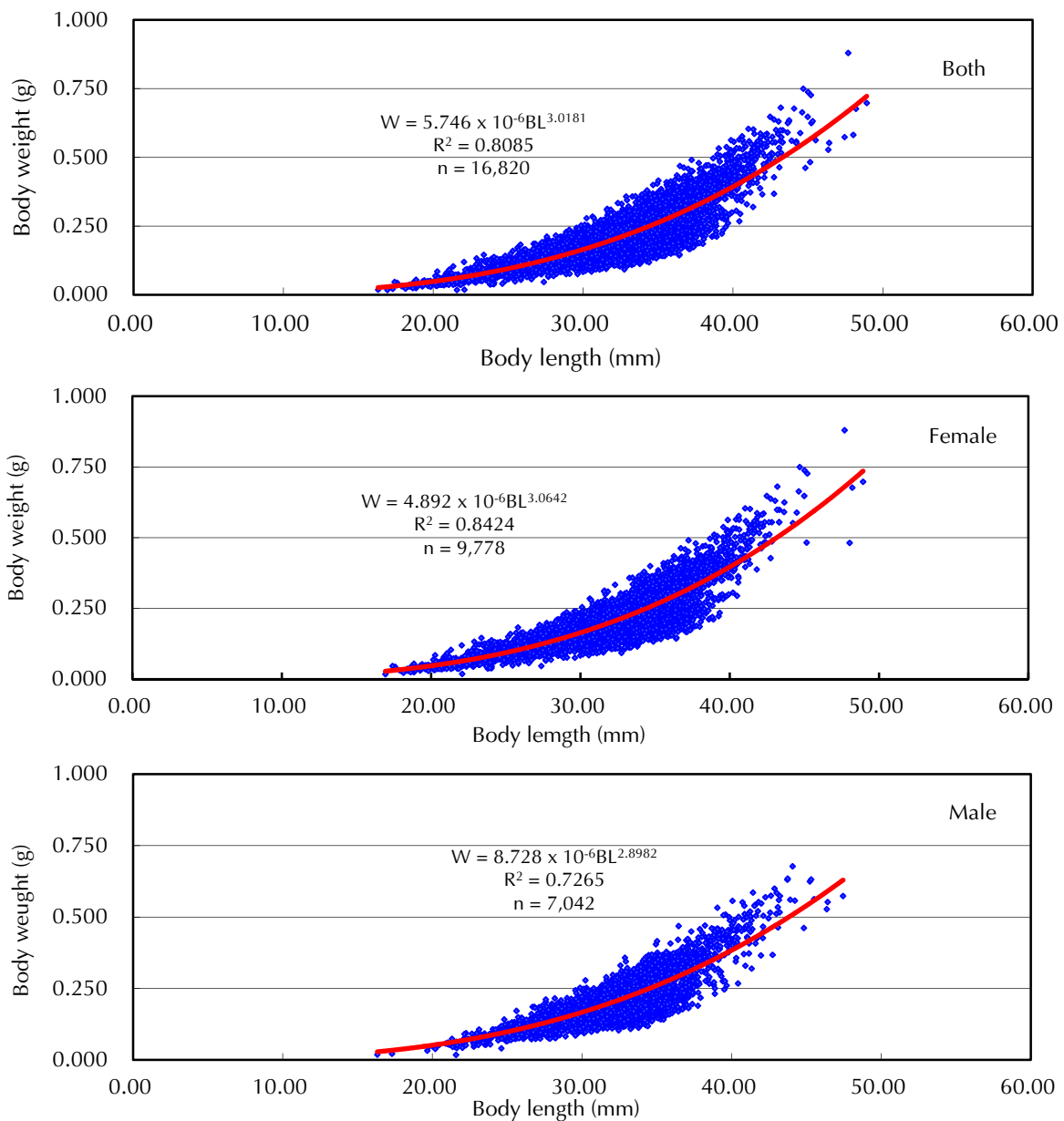


Fig. 5 The length-weight relationship of sergestid shrimp.

## 二、正櫻蝦體長與性比關係

把正櫻蝦依體長由小到大分為5組後，將不同體長別的正櫻蝦性比做卡方檢定可得到結果如 Table 2，不同體長別間正櫻蝦的性比是有極顯著差異的。如各別檢定 5 組體長樣本，正櫻蝦雌雄比則皆顯示與 1:1 之假設有顯著差異，顯示不僅各體長別中雌蝦皆比雄蝦多，且正櫻蝦體長達到 30 mm 以上時，雌蝦所佔比例明顯呈現隨體長增加而增高的趨勢 (Fig. 6)。

## 三、正櫻蝦體長頻度資料分析

### (一) 正櫻蝦的季別體長組成變動

Figure 7 為正櫻蝦的季別體長頻度分布，體長分布重心具有時序變動規則性。夏季的體長頻度分布呈現雙峰且年別峰度位置約為一致，除了包含 31~43 mm 的大型個體外，亦含有 21~34 mm 的小體型正櫻蝦。秋季時本系群體長組成呈現單峰，分布範圍為 22~38 mm，冬季本系群體長

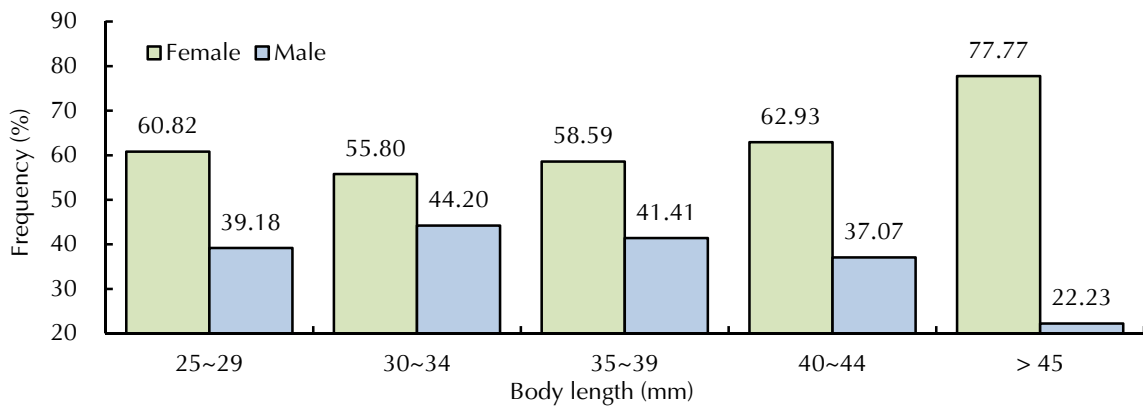


Fig. 6 Frequency of length by sex of sergestid shrimp.

Table 1 The test of relationship between length and weight of Sergestid shrimp in the Gui-San Island waters of Taiwan

| Date       | Sex     | N     | Mean (mm) | a                      | Ln(a)  | b      | R <sup>2</sup> | Analysis of Covariance (Sex) |                      |
|------------|---------|-------|-----------|------------------------|--------|--------|----------------|------------------------------|----------------------|
|            |         |       |           |                        |        |        |                | F-test for slope             | F-test for intercept |
| 2003/06/20 | Females | 1580  | 28.41     | 1.766x10 <sup>-6</sup> | -5.753 | 3.343  | 0.8882         | 0.023                        | 68.056**             |
|            | Males   | 1241  | 32.19     | 2.191x10 <sup>-6</sup> | -5.659 | 3.3398 | 0.8621         |                              |                      |
|            | Both    | 2821  | 29.54     | 3.065x10 <sup>-6</sup> | -5.514 | 3.2193 | 0.8763         |                              |                      |
| 2003/09/29 | Females | 5720  | 30.8      | 1.465x10 <sup>-5</sup> | -4.834 | 2.7301 | 0.7724         | 368.630**                    | 0.747                |
|            | Males   | 3677  | 31.1      | 1.256x10 <sup>-4</sup> | -3.901 | 2.104  | 0.5257         |                              |                      |
|            | Both    | 9397  | 30.88     | 3.009x10 <sup>-5</sup> | -4.522 | 2.5201 | 0.7056         |                              |                      |
| 2004/03/09 | Females | 1124  | 34.5      | 1.569x10 <sup>-6</sup> | -5.804 | 3.4133 | 0.9325         | 43.909**                     | 54.043**             |
|            | Males   | 900   | 34.8      | 6.383x10 <sup>-6</sup> | -5.195 | 3.0276 | 0.8123         |                              |                      |
|            | Both    | 2024  | 34.6      | 2.019x10 <sup>-6</sup> | -5.695 | 3.3464 | 0.9069         |                              |                      |
| 2004/06/24 | Females | 171   | 36.07     | 2.407x10 <sup>-6</sup> | -5.619 | 3.3423 | 0.9499         | 10.363**                     | 0.008                |
|            | Males   | 181   | 35.91     | 5.413x10 <sup>-6</sup> | -5.267 | 3.0701 | 0.935          |                              |                      |
|            | Both    | 352   | 35.99     | 3.328x10 <sup>-6</sup> | -5.478 | 3.2064 | 0.9413         |                              |                      |
| 2004/09/10 | Females | 671   | 29.67     | 2.512x10 <sup>-6</sup> | -5.599 | 3.2779 | 0.9261         | 7.148**                      | 0.542                |
|            | Males   | 617   | 30.05     | 4.302x10 <sup>-6</sup> | -5.366 | 3.1173 | 0.8817         |                              |                      |
|            | Both    | 1288  | 29.86     | 3.057x10 <sup>-6</sup> | -5.515 | 3.2188 | 0.9104         |                              |                      |
| 2004/12/31 | Females | 255   | 29.86     | 1.467x10 <sup>-6</sup> | -5.834 | 3.4243 | 0.879          | 6.066*                       | 9.667**              |
|            | Males   | 205   | 30.19     | 4.316x10 <sup>-6</sup> | -5.365 | 3.1166 | 0.8446         |                              |                      |
|            | Both    | 460   | 30.01     | 2.121x10 <sup>-6</sup> | -5.673 | 3.32   | 0.8643         |                              |                      |
| 2005/03/26 | Females | 257   | 35.74     | 5.485x10 <sup>-5</sup> | -4.261 | 2.4271 | 0.7127         | 1.352                        | 8.846**              |
|            | Males   | 221   | 35.05     | 1.001x10 <sup>-4</sup> | -3.999 | 2.2522 | 0.646          |                              |                      |
|            | Both    | 478   | 35.42     | 5.944x10 <sup>-5</sup> | -4.226 | 2.4019 | 0.6985         |                              |                      |
| Total      | Females | 9778  | 31.27     | 5.746x10 <sup>-6</sup> | -5.241 | 3.0642 | 0.8424         | 99.275**                     | 5.345**              |
|            | Males   | 7042  | 31.81     | 4.892x10 <sup>-6</sup> | -5.311 | 2.8982 | 0.7265         |                              |                      |
|            | Both    | 16820 | 31.49     | 8.728x10 <sup>-6</sup> | -5.059 | 3.0181 | 0.8085         |                              |                      |

W=a\*L<sup>b</sup>, L=Body length, W=Body weight, a=Intercept, b=slop; n=number of individuals weighted, R<sup>2</sup>=coefficient of determination of ln-transformed linear regression.

\*P < 0.05; \*\*P < 0.01

成長達到 30 ~ 36 mm，春季時主要由體長 33 ~ 38 mm 的大型個體所構成，但有少量的小個體補充群開始出現。

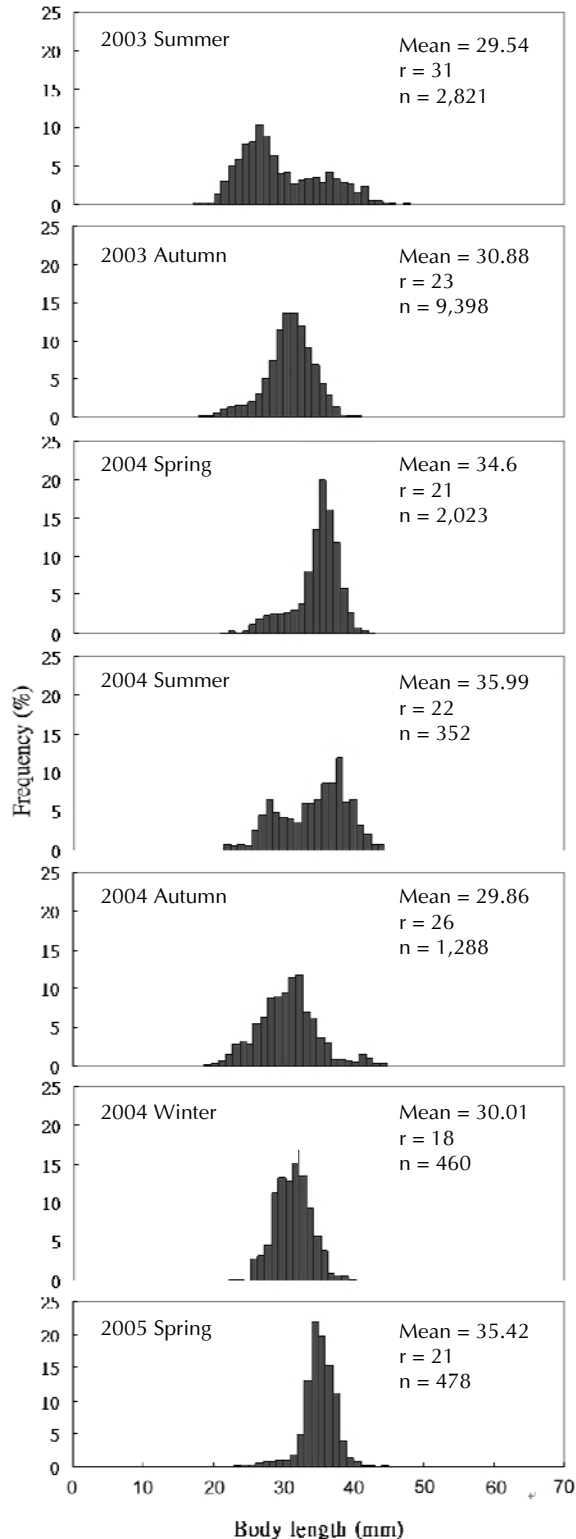


Fig. 7 The histograms of length-frequency of sergestid shrimp. n: sample size, r = range.

## (二) 正櫻蝦之 VBGF 成長方程式

依據葉 (1964) 中, Snedecor 及 Sturges 提出的兩方法, 分別估得正櫻蝦體長最適組幅為 1.01 mm 及 2.19 mm, 平均為 1.6 mm; 為計算簡明本研究採用 1.5 mm 作為組幅以進行分析。資料分組完成後先以 FiSAT 估計極限體長值 ( $L_{\infty}$ ) 的 95% 信賴區間 (Fig. 8), 再經由曲面反應分析(Response Surface) 之搜尋程序分別估得最適正櫻蝦及正櫻蝦雌蝦、雄蝦的 VBGF 成長參數:

1. 正櫻蝦樣本以 FiSAT 所估計極限體長值 ( $L_{\infty}$ ) 的 95% 信賴區間為 47.31 ~ 52.32 mm, 然後分析正櫻蝦樣本得到 K 值為  $1.21 \text{ year}^{-1}$ ,  $L_{\infty}$  為 51.32 mm。
2. 正櫻蝦雌蝦樣本  $L_{\infty}$  的 95% 信賴區間為 47.10 ~ 52.10 mm, 分析雌蝦樣本得到 K 值為  $1.4 \text{ year}^{-1}$ ,  $L_{\infty}$  為 51.50 mm。
3. 正櫻蝦雄蝦樣本  $L_{\infty}$  的 95% 信賴區間為 45.60 ~ 51.36 mm, 分析雄蝦樣本得到 K 值為  $1.01 \text{ year}^{-1}$ ,  $L_{\infty}$  為 50.21 mm。

將上述所得結果在成長曲線套適 (Curve fitting by eye) 中, 分別輸入估得之正櫻蝦成長參數即可得到正櫻蝦成長曲線如下 (Fig. 9)。

$$\text{正櫻蝦: } Lt = 51.32 \left[ 1 - e^{-1.21(t) - (1.21/2\pi)\sin 2\pi(-0.3) + (1.21/2\pi)\sin 2\pi(t+0.3)} \right]$$

$$\text{正櫻蝦雌蝦: } Lt = 51.50 \left[ 1 - e^{-1.4(t) - (1.4/2\pi)\sin 2\pi(-0.3) + (1.4/2\pi)\sin 2\pi(t+0.3)} \right]$$

$$\text{正櫻蝦雄蝦: } Lt = 50.21 \left[ 1 - e^{-1.01(t) - (1.01/2\pi)\sin 2\pi(-0.3) + (1.01/2\pi)\sin 2\pi(t+0.3)} \right]$$

## (三) 正櫻蝦之成長表現指數

依據 Pauly and Munro (1984) 公式, 帶入正櫻蝦及正櫻蝦雌蝦、雄蝦樣本的成長參數中的 K 及  $L_{\infty}$ , 估算三者的成長表現指數數, 分別為: 1.503、1.570 和 1.406 (Table 3)。

## (四) 正櫻蝦之補充群進入型態

經由 FiSAT 中補充群型態判別程序, 分別輸入正櫻蝦及正櫻蝦雌蝦、雄蝦的  $L_{\infty}$ 、K、C、WP、 $t_0$  後, 利用最大概似率法 (maximum likelihood approach), 估得常態分布曲線中最高峰位置, 推算結果顯示正櫻蝦及正櫻蝦雌蝦、雄蝦之補充群

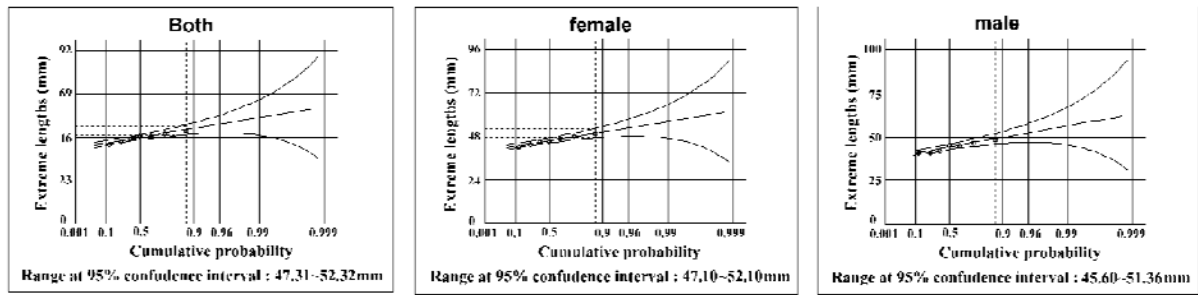


Fig. 8 The range of maximum length at 95% confidence interval of sergestid shrimp.

Table 2 Results of the chi-square test between length and percentage of each sex in the sergestid shrimp

| Sample | Size classes | Female (N) | Male (N) | Total (N) | Female (%) | Sex ratio | Standard normal distribution (Z) |
|--------|--------------|------------|----------|-----------|------------|-----------|----------------------------------|
| 1      | 25 ~ 29 mm   | 1,734      | 1,117    | 2,851     | 60.82      | 1:0.64    | 11.56**                          |
| 2      | 30 ~ 34 mm   | 4,013      | 3,179    | 7,192     | 55.79      | 1:0.79    | 9.83**                           |
| 3      | 35 ~ 39 mm   | 2,118      | 1,497    | 3,615     | 58.58      | 1:0.71    | 10.33**                          |
| 4      | 40 ~ 44 mm   | 219        | 129      | 348       | 62.93      | 1:0.59    | 4.82**                           |
| 5      | > 45 mm      | 14         | 4        | 18        | 77.78      | 1:0.29    | 2.36*                            |

Standard normal variate table:  $Z(0.05) = 1.96$ ,  $Z(0.01) = 2.58$

$X^2 = 30.078^{**}$

$X^2(df = 4, \alpha = 0.05) = 9.49$ ,  $X^2(df = 4, \alpha = 0.01) = 13.28$

$P < 0.01$

\* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$

Table 3 Coefficients of the seasonalized von Bertalanffy growth equations of sergestid shrimp in the Gui-San Island and southwestern waters of Taiwan and Suruga Bay of Japan

| Region   | Sex     | Year        | Asymptotic length ( $L_{\infty}$ ) | Growth constant (K) | Seasonal oscillation (C) | Winter point (WP) | Growth performance index ( $\phi'$ ) |
|--|---------|-------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Gui-San Island waters of Taiwan                  | Both    | 2003 ~ 2005 | 51.32mm                            | 1.21                | 1                        | 0.2               | 1.503                                |
|  | Females | 2003 ~ 2005 | 51.5mm                             | 1.4                 | 1                        | 0.2               | 1.570                                |
|  | Males   | 2003 ~ 2005 | 50.21mm                            | 1.01                | 1                        | 0.2               | 1.406                                |
| Southwestern waters of Taiwan (Huang, 2000)      | Females | 1999 ~ 2000 | 43.58mm                            | 2.3                 | 0.7                      | 0.2               | 1.640                                |
|  | Males   | 1999 ~ 2000 | 42.33mm                            | 2.06                | 0.8                      | 0.2               | 1.567                                |
| Suruga Bay of Japan (Fukui <i>et al.</i> , 2004) | Both    | 1998        | 44.4mm                             | 0.859               | -                        | -                 | 1.229                                |
|  | Both    | 1999        | 42mm                               | 1.899               | -                        | -                 | 1.525                                |
|  | Both    | 2000        | 44.4mm                             | 1.238               | -                        | -                 | 1.387                                |
|  | Both    | 2001        | 40.4mm                             | 1.674               | -                        | -                 | 1.437                                |

進入時間如 Fig. 10 所示，結果顯示正櫻蝦之補充群加入為連續性，且 1 年應只有 1 次補充群進入高峰，高峰期約在 5 ~ 6 月。

## 討 論

### 一、正櫻蝦之體長與體重及性比關係

本研究之櫻蝦樣本是於龜山島海域中不同的季節、位置及水層所採得，因此樣品組成及其數量可能有季節的變化和空間的差異，比較時為了將可能之誤差減低，將正櫻蝦樣品合併簡化為雌雄兩組進行比較。

由變積分析結果顯示龜山島海域雌、雄正櫻蝦的體長與體重之關係呈現顯著差異 (Table 1)。



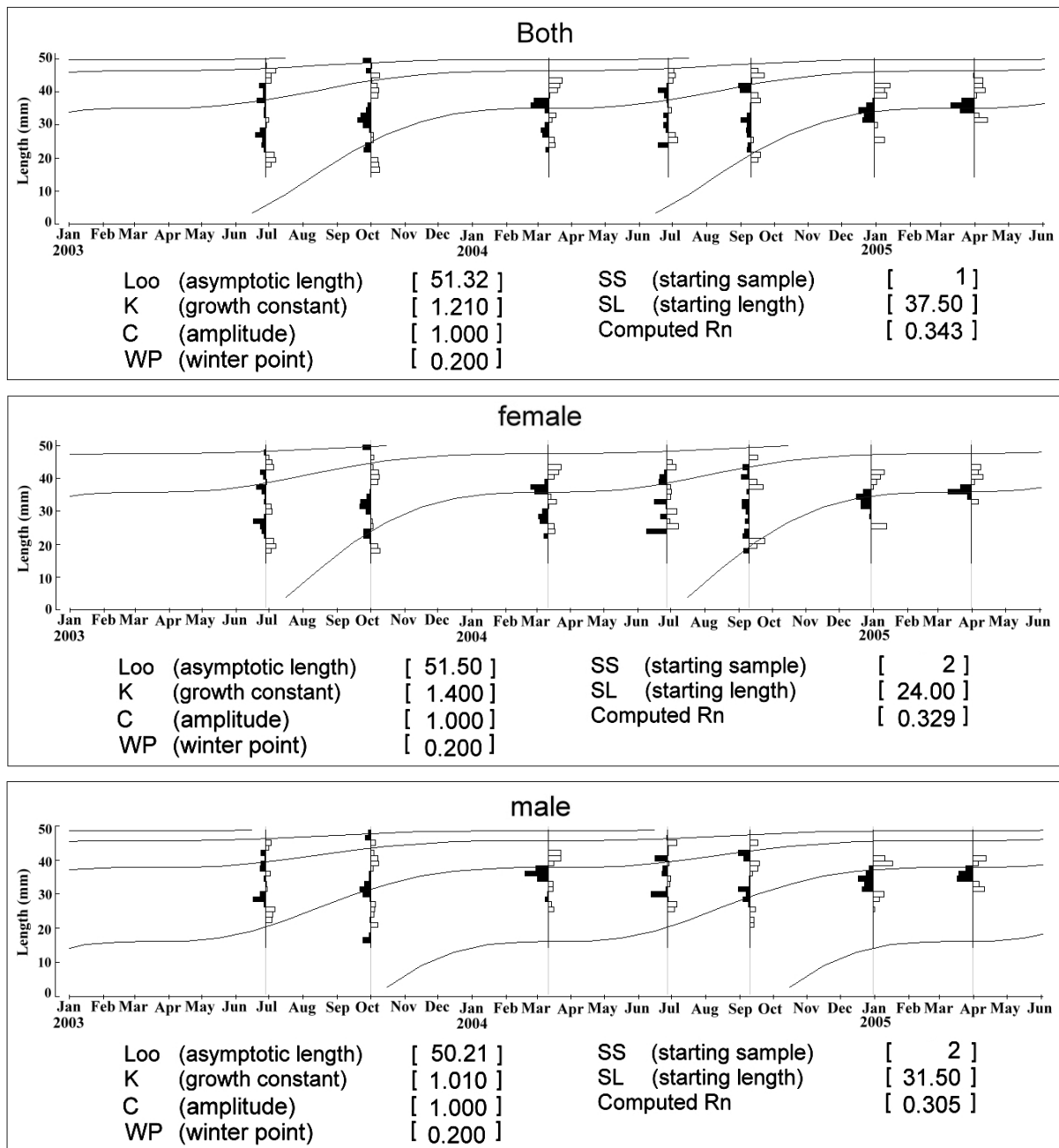


Fig. 9 The seasonalized von Bertalanffy growth curves of sergestid shrimp as superimposed on the restructured length-frequency histogram.

體長與體重關係式中，雌蝦之  $b$  值為 3.064 接近等速成長 ( $b = 3$ )，而大於雄蝦的 2.898，顯示在同體長下，雌蝦較雄蝦為肥滿。

龜山島海域正櫻蝦隨體長的增加，性比產生變化，雌蝦所佔比例呈現明顯增高的趨勢 (Fig 6)。在山田 (1968) 研究中顯示，隨體長增加，性比產生變化的原因為：(1) 性轉換；(2) 某一性別移入或移出作業區；(3) 雌雄成長率的差異；(4) 雌雄

蝦間有不同的自然死亡率。由於目前並無正櫻蝦有性轉換現象之文獻紀錄，各航次進行拖網調查時也未發現雌蝦或雄蝦成群分別游入或游出作業區的現象，且本研究根據 FiSAT 所推算的雌蝦與雄蝦的成長係數 ( $K$ ) 有所差異，分別為 1.4 及  $1.01 \text{ year}^{-1}$ 。因此本研究中，正櫻蝦隨體長增加，雌蝦所佔比例明顯增高，可推測是雌、雄蝦間的成長率不同所致。

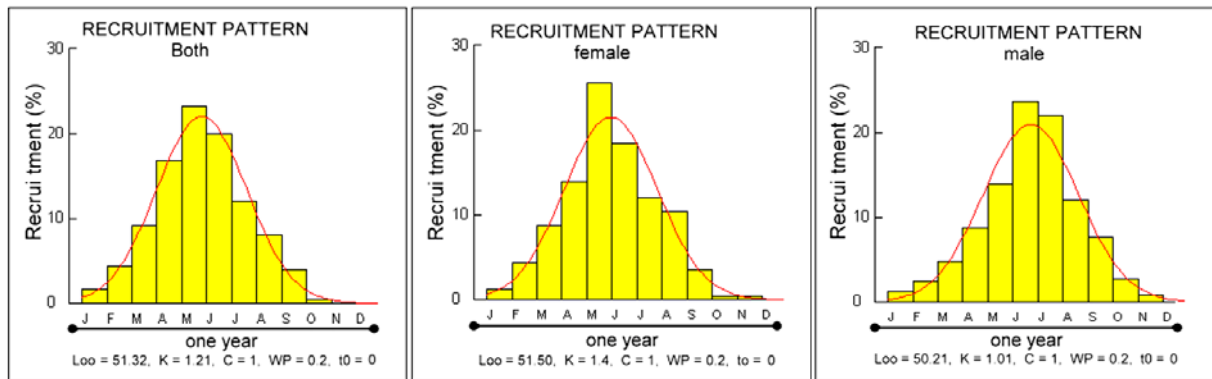


Fig. 10 The recruitment patterns of sergestid shrimp.

## 二、龜山島海域正櫻蝦之成長參數探討

本研究所採得的 16,820 尾正櫻蝦樣本，體長涵蓋 16.32 ~ 48.93 mm，由於本研究據以分析的正櫻蝦體長資料全由試驗船所採集並無商業性人為篩選的誤差因子，因此樣本具有代表性；而且體長資料涵蓋範圍廣，體長時序分析所得的成長方程式更能充分完整的表達正櫻蝦的成長。

甲殼類（蝦、蟹等）缺乏如魚類鱗片、脊椎骨及耳石等年齡形質，因此以體長資料為基石進行資源動態解析的整合性軟體（MULTIFAN、ELEFAN）近年來發展迅速並廣為漁業資源學家使用（Garcia and Josse, 1988）。本研究因資料顯示只有一個年齡群，所以使用 ELEFAN 軟體進行資料分析。ELEFAN 分析系統是由 ICLARM 的學者，在 1980 年代研發而成的軟體系統。方法是利用電腦對於魚群體長頻度資料反覆運算，以推測其年齡結構並且發展出以體長資訊為主的水產資源分析系統，特別適用於年齡形質不清楚的漁業生物研究（李, 1986; 曾, 1992; 方, 1997）。

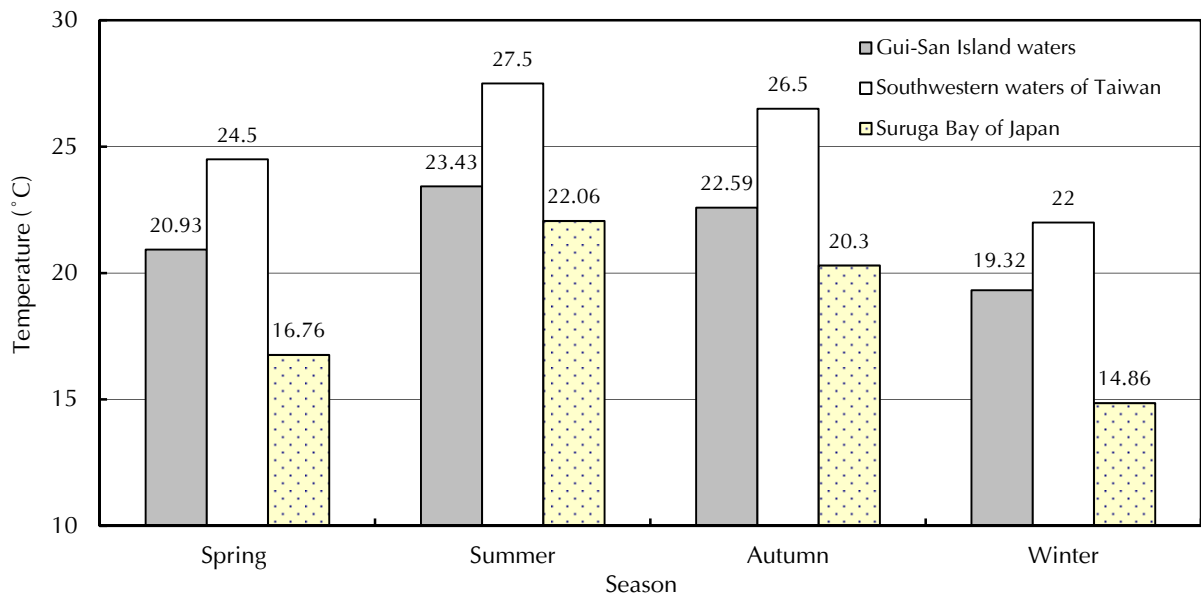
本托蘭斐成長方程式（VBGF）廣泛用於魚類生物成長研究，雖然蝦類的成長可以 VBGF 表示，但原始 VBGF 並不描述季節性變化對於生物成長之影響；由於蝦類屬甲殼類，其體長變化主要發生於脫殼後不同於魚類的連續性成長，而此脫殼成長特性又與水溫的季節性變化有關，因此

Pauly and Gaschutz (1979) 於原始 VBGF 中加入正弦函數發展出季節性本托蘭斐成長方程式（Seasonalized VBGF），Somer (1988) 對此方程式加入  $(CK/2\pi) \cdot \sin 2\pi(t_0 - t_s)$ ，使得當  $t = t_0$  時， $L_t$  可為 0，成為現在使用之 Seasonalized VBGF。

Seasonalized VBGF 具有數理理論基礎，式中  $L_{\infty}$ 、 $K$  二成長參數能經由 ELEFAN 估得，而第三參數  $t_0$  值卻是無法利用體長頻度資料求得，雖然 Pauly 在 1983 年提出利用 153 套已知成長參數值所推估出之經驗式 ( $t_0: \text{Log}(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \times \text{Log}(L_{\infty}) - 1.038 \times \text{Log}(K)$ ) 帶入  $L_{\infty}$ 、 $K$  二成長參數值可求得  $t_0$  值，但僅只能做為粗略的輔助參考，任何直接利用 ELEFAN-FISAT 求得之  $L_{\infty}$ 、 $K$  值來反推算  $t_0$  值都是錯誤的， $t_0$  值在以 ELEFAN 推算 Seasonalized VBGF 參數時有限制性條件假設  $t_0 = 0$ 。

VBGF 中  $L_{\infty}$ 、 $K$  是系群的特徵參數，因此不但異種生物具有不同的  $L_{\infty}$ 、 $K$ ，屬於同種但因地理分布不同或無基因交流的族群亦呈現不同的成長模式（Sparre and Venema, 1992）。由於系群的成長曲線是由  $L_{\infty}$ 、 $K$  值表現的整合特徵，因此在進行各系群的成長模式檢定時，兩者必須同時納入考量。Pauly and Munro (1984) 提出以成長表現指數 ( $\phi'$ ) 來比較各種水中生物的成長表現；同時  $\phi'$  也提供另一項訊息，就是可作為成長參數預測值之信賴度指數，同種生物的  $\phi'$  是相近的。本研究在  $\phi'$  上顯示，在龜山島海域之正櫻蝦  $\phi'$  值與不同地區（如：台灣西南海域、日本駿河灣）之同種正櫻蝦  $\phi'$  值相近（Table 3），且龜山島海域之正櫻蝦  $\phi'$  值亦在台灣西南海域與日本駿河灣之正櫻蝦  $\phi'$  值的差異範圍之間，顯示本研究結果中成長參數  $L_{\infty}$ 、 $K$  的預測值應屬合理，且對於使用 ELEFAN 方法來預測正櫻蝦的成長參數應該適當。

至於本研究顯示在龜山島海域之正櫻蝦  $L_{\infty}$  值高於台灣西南海域及日本駿河灣之同種正櫻蝦  $L_{\infty}$  值（Table 3），推測可能原因是由於台灣西南海



**Fig. 11** The seasonal averaged water temperatures of 50 m in depth off the Gui-San Island and southwestern waters of Taiwan and Suruga Bay of Japan. (Source of the materials: NCOR and Shizuoka Fisheries Research Institute)

域及日本駿河灣海域，分別在1982年（東港）及1894年（駿河灣）就開始櫻蝦的開發及捕撈，而且兩地的櫻蝦漁業，在1996年之後的漁獲量都開始大幅下降，直到近年都未恢復1996年之前的水準，有過漁的可能。龜山島海域為新開發櫻蝦漁場，當地正櫻蝦並沒有受到人為大量漁捕的影響，所以龜山島海域正櫻蝦  $L_{\infty}$  值較受到長期大量漁捕的台灣西南海域及日本駿河灣海域之同種正櫻蝦  $L_{\infty}$  值高。

### 三、水溫因子與正櫻蝦之成長表現關係

台灣正櫻蝦之棲息環境特徵：(1) 受地形屏障之保護，使正櫻蝦不至於被黑潮水沖走而有利於其棲息；(2) 黑潮流經造成深層海水向上湧升，加上河川注入營養鹽極為豐富；(3) 海中透明度在5.5 m以下、底質覆蓋薄層泥沙、陸地附近水深超過200 m等。環境條件皆近似於日本之櫻蝦漁場（陳等, 1994; 大森等, 1988; 李, 2002），但台灣龜山島海域、西南海域與日本駿河灣海域之間，正櫻蝦  $\sigma'$  卻有高低順序的差異。

由於水溫會影響生物新陳代謝進而影響到成長表現（例如：蝦類的脫殼成長）（Pauly, 1987; Caddy, 1989），所以從目前有限的資料與文獻推測，水溫因子可能是影響日本駿河灣與台灣西南

及龜山島海域正櫻蝦成長差異較大的因子。根據國家海洋科學研究中心的台灣沿海水溫資料與靜岡縣水產試驗場的駿河灣海域水溫資料，台灣龜山島海域各季節平均水溫明顯介於台灣西南海域與日本駿河灣海域之間（Fig. 11），因此推測台灣西南海域正櫻蝦  $\sigma'$  較龜山島海域正櫻蝦高，而龜山島海域正櫻蝦的成長比較指數又比日本高，可能與水溫有關。同種正櫻蝦的  $\sigma'$  在不同地區間的差異與當地年平均水溫呈相同趨勢，呈現：台灣西南海域 > 龜山島海域 > 日本駿河灣。

### 四、正櫻蝦之補充群加入型態探討

正櫻蝦的補充群加入型態與其產卵習性有關。日本的研究顯示正櫻蝦的產卵期為6~10月，產卵盛期為7~8月，產卵時水層溫度約18~23°C，水溫低於18°C以下則不易產卵，稚蝦成長的最適水溫為18~25°C（大森, 1995）。相較於日本產正櫻蝦，東港產正櫻蝦具有全年產卵習性，原因是台灣西南海域平均水溫較日本駿河灣平均水溫高約7°C的關係，因此產卵季節無明顯間隔且只有一個明顯之產卵高峰期，則補充群之間的時間間隔會變得不明顯，補充群型態呈現只有1個高峰的常態分布（King, 1995; 黃, 2000）；而根據國家海洋科學研究中心公佈的1985~2005年台

灣沿海水溫資料，顯示龜山島海域海面下 50 m 水層的平均水溫，春季約 20.93°C，夏季約 23.43°C，秋季約 22.59°C，冬季約 19.32°C，各季節平均水溫雖較台灣西南海域低約 3.5°C，但全年水溫皆在 18°C 以上 (Fig. 11)。由於本研究各航次採樣中均可發現抱卵母蝦且正櫻蝦體長頻度資料中 2003 及 2004 年夏季兩航次之樣本體長介於 2 ~ 3 cm 間的小蝦比重較其他航次顯著增加，而此結果亦由 FiSAT 分析補充群加入型態得到驗證 (Fig. 10)，因此本研究推測龜山島海域之正櫻蝦族群與台灣西南海域正櫻蝦族群的補充群加入型態 (黃, 2000) 類似應屬合理，龜山島海域之正櫻蝦補充群應為連續性加入且進入的高峰期為 5~6 月間。

## 謝 辭

本研究承行政院農委會水產試驗所蘇偉成所長的督促，海洋漁業組前組長李定安博士於蝦類鑑定的指導與海洋漁業組王友慈博士於實驗期間的協助及指導以及水試一號試驗船陳林耀船長與所有船員在實驗上的充分配合，謹此一併致謝。

## 參考文獻

- 方新疇 (1997) 魚群評估工具 (Fisat) 中魚群參數之推算方法介紹. 水產科學用電腦軟體研習會, 高雄, 10-15.
- 李長榮 (1986) 台灣西南海域紅斑赤蝦之漁業生物學研究. 國立台灣海洋大學漁業科學系碩士論文, 70 pp.
- 李定安, 吳世宏, 廖一久, 游祥平 (1996) 台灣沿海三種經濟櫻蝦之研究. 水產研究, 4: 1-19.
- 李定安 (2002) 臺灣周邊水域深海十足目枝鰓亞目的分類與分布研究. 國立台灣海洋大學漁業科學研究所博士論文, 250 pp.
- 李定安, 吳繼倫, 吳世宏, 何平合 (2003) 台灣週邊海域震蝦屬蝦類的分類與分布研究. 水產研究, 11: 1-18.
- 李定安, 吳世宏, 吳全橙, 王敏昌 (2003) 台灣東部及西南部深海未利用資源之漁場調查及試驗研究. 水產試驗研究工作報告, 1-9.
- 林嘉瑋 (2000) 台灣產深海浮游性真蝦類之分類研究. 國立台灣海洋大學海洋生物研究所碩士論文, 66 pp.

- 陳守仁 (1999) 台灣正櫻蝦漁業資源管理之基礎研究. 國立台灣海洋大學漁業科學系博士論文, 134 pp.
- 陳守仁 (2006) 台灣正櫻蝦漁業. 海洋高雄期刊, 34-39.
- 陳守仁, 蘇偉成, 何權法, 周耀傑 (1994) 台灣之櫻蝦漁業. 中國水產, 503: 25-33.
- 陳守仁, 蘇偉成, 何權法, 周耀傑 (1995) 台灣櫻蝦漁業自律式管理模式的建立. 中國水產, 516: 5-20.
- 曾宗德 (1992) 臺中港附近海域產紅斑赤蝦之年齡成長研究. 國立台灣大學海洋學系碩士論文, 65 pp.
- 黃建毅 (2000) 台灣西南沿海正櫻蝦 (*Sergia lucens*) 之漁業生物學研究. 國立中山大學海洋生物研究所碩士論文, 50 pp.
- 葉樹藩 (1964) 試驗設計學. 精華印書行, 台北, 267 pp.
- 大森信 (1989) 台灣東港のサクラエビ漁業. 水產海洋研究會報, 53(1): 108-110.
- 大森信, 志田喜代江 (1995) さくらえび漁業百年史. 靜岡縣櫻蝦漁業百週年紀念事業實行委員會, 64-81.
- 大森信, 浮島美之, 村中文夫 (1988) 台灣東港水域發現たサクエビ新た出現紀錄および地理分布考察. J. Oceanogr. Soc. Jap., 44: 261-267.
- 山田梅芳 (1968) 東シメ海に生息するワニエメの生殖態について. 西海水研報, 36: 21-37.
- 福井篤, 原藤晃, 伊藤大輔 (2004) 駿河灣におけるサクラエビの資源量推定. 日本水產學會誌, 70(4): 592-597.
- Caddy, J. F. (1989) Marine invertebrate fisheries, their assessment and management. John Wiley & Sons, Inc., New York, 752 pp.
- Chen, S. R. and W. C. Su (1993) Study on fishing efficiency of the sakura shrimp fishery in the coastal waters off southwestern Taiwan. J. Taiwan Fish. Res., 1(1): 11-18. (in Chinese)
- Garcia, S. and E. Josse (1988) Notes on the assessment of stocks of small pelagic species on the basis of length frequency analysis and converted catch curves. Fishbyte, 6(1): 16-18.
- King, M. (1995) Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books, 79-197.
- Omori, M. (1969) The biology of a sergestid shrimp *Sergeset lucens* Hansen. Bull. Ocean Res. Inst, 4:1~83.
- Pauly, D. (1981) The relationships between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of von Bertalanffy's theory of growth. Meeresforsch., 28(4): 251-282.
- Pauly, D. (1983) Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fisheries

- Techn. Pap., No. 234, 52 pp.
- Pauly, D. (1987) A review of the system for analysis of length data in fish and invertebrates. *In* Length Based Methods in Fisheries Research (D. Pauly and R. Morgan eds.), ICLARM Conf. Proc., Vol. 13, ICLARM, Manila, Philippines, 7-34.
- Pauly, D. and G. Gaschutz (1979) A simple method for fitting oscillating length growth data with a program for pocket calculators. ICES, Demersal Fish Committee, C. M.1979/G: 24, 26 pp.
- Pauly, D. and J. L. Munro (1984) Once more on the comparison of growth in fish and invertebrate. ICLARM Fishbyte 2, 21 pp.
- Somers, I. F. (1988) On a seasonally oscillating growth function. ICLARM Fishbyte, 6(1): 8-11.
- Sparre, P. and S. C. Venema (1992) Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 Manual FAO Fisheries Technical Paper, 306(1), 376 pp.

## Age and Ggrowth of Sergestid Shrimp (*Sergia lucens*) off the Guei-shan Isle by Length Based Analysis (FiSAT)

Shr-Lung Jau<sup>1</sup>, Fu-Guang Liu<sup>1</sup>, Yii-Shing Huang<sup>2</sup> and Chi-Lun Wu<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Chupei Station, Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

<sup>2</sup>Department of Aquaculture, National Taiwan Ocean University

<sup>3</sup>Marine Fishery Division, Fisheries Research Institute

### ABSTRACT

Totally seven voyages of IKMT trawling of the R/V Fishery Researcher 1 were conducted on the waters off Guei-shan isle from June 2003 to March 2005. The FiSAT, which was developed by ICLARM and especially designed for estimating the growth of crustacean by analyzing the temporal series of length data, was used to estimate the growth of female, male and pooled sergestid shrimp. The sample sizes for female, male and pooled were 9778, 7042 and 16820, respectively. The estimated growth coefficient and infinite length of VBGF for female, male and pooled sergestid shrimp were denoted as following: 1) female:  $K=1.4 \text{ year}^{-1}$ ,  $L_{\infty}=51.50 \text{ mm}$ ; 2) male:  $K=1.01 \text{ year}^{-1}$ ,  $L_{\infty}=50.21 \text{ mm}$ ; 3) pooled:  $K=1.21 \text{ year}^{-1}$ ,  $L_{\infty}=51.32 \text{ mm}$ .

Compared with the growth performance indices ( $\phi'$ ) of sergestid shrimp from Guei-shan isle, Tunkang, and Suruga Bay, Tunkang had the highest one and the followings were Guei-shan and Suruga Bay. Based on the geographical differences among those three localities, the study suggested that water temperature served as the key factor affecting the growth of sergestid shrimp.

**Key words:** *Sergia lucens*, Gui-san Isle, Von Bertalanffy growth formula (VBGF)

---

\*Correspondence: Fisheries Division, Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Rd, Keelung 202, Taiwan. TEL: (02) 2463-5505; FAX: (02) 2463-3110; E-mail: clwu@mail.tfrin.gov.tw