

## 台灣西南海域正櫻蝦漁業之剩餘生產量模式探討

11 月 15 日前請簽章擲回

陳守仁<sup>1\*</sup>·方新疇<sup>2</sup>·黃建智<sup>1</sup>·吳春基<sup>1</sup>·吳龍靜<sup>1</sup>·蘇偉成<sup>3</sup>·何權宏<sup>4</sup><sup>1</sup>行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心<sup>2</sup>國立中山大學海洋生物研究所<sup>3</sup>行政院農業委員會水產試驗所<sup>4</sup>南榮技術學院

## 摘要

本研究係利用台灣西南海域正櫻蝦業者 1991 ~ 2007 年期間之漁獲統計資料，以推算其在平衡狀態下之漁獲量 ( $Y_E$ )、努力量 ( $f_E$ ) 及單位努力漁獲量 ( $Y_E / f_E$  或  $U_E$ ) 之關係。並利用剩餘生產量理論模式推算最大持續生產量 (MSY) 及相對應之漁獲努力量 ( $f_s$ )。結果顯示 Fox 模式與 Schaefer 模式所推算之最適生產量 ( $Y_{0.1}$ ) 分別為 900.99 mt 及 1218.50 mt，最適漁獲努力量 ( $f_{0.1}$ ) 分別為 12,858 網次及 15,594 網次。由於該漁業 1997 年以後之年漁獲努力量大多超出最適漁獲努力量，且漁獲量及單位努力漁獲量急劇下降，顯示台灣西南海域正櫻蝦漁業目前已有過漁現象。如何估算最適漁獲努力量，以合理利用本正櫻蝦資源，為今後資源管理之重點工作。

關鍵字：正櫻蝦、最大持續生產量、最適努力量、台灣西南、剩餘生產量模式

## 前言

正櫻蝦 (*Sergia lucens*, Hansen) 為櫻蝦科 (Sergestidae) 之一種 (Hayashi, 1987)，其為人類可直接利用之少數浮游生物之一，台灣俗稱“花殼仔” (Su *et al.*, 1991; Chen *et al.*, 1994)。台灣西南海域正櫻蝦係週年性產卵，產卵盛期為每年的 12 月、4 月及 7 月 (Chen *et al.*, 2005)。目前已知僅盛產於日本駿河灣週邊海域及台灣東港至枋山沿岸與龜山島附近海域 (Omori *et al.*, 1988; Omori, 1989; Chen *et al.*, 1994; Chen *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 1996)。

1990 年以前，台灣西南海域產正櫻蝦大部份銷往日本，價格較低且不穩定。自 1993 年起，台灣正櫻蝦產銷秩序確立 (Chen *et al.*, 1995) 後，其市場價值大幅提昇，2003 年正櫻蝦每公斤價格為新台幣 400 元。因此，加入作業船隻數年年增加，

漁獲壓力亦隨之急劇增大。為未雨綢繆計，台灣正櫻蝦資源之評估 (stock assessment) 為亟待進行之工作。由於本漁業目前存在於台灣西南東港至枋山外海海域，外圍海域 (台南、澎湖或恆春等海域) 均無相同漁業存在，且漁民均使用單一種漁具。目前雖已知台東大武及宜蘭龜山島海域亦發現有本種漁業，然由於地理區隔遙遠，中間海域亦均無正櫻蝦資源出現，因此，從漁業管理角度而言，已相當符合所謂 unit stock 的定義。

最大持續生產量 (Maximum Sustainable Yield, 簡稱 MSY 或  $Y_s$ ) 為漁業管理的主要目標之一，資源評估之方法有下列三大類：(1) 動態綜合模式 (Dynamic pool model)；(2) 補充群模式 (Recruitment model) 與 (3) 剩餘生產量模式 (Surplus Production Model)。由於台灣西南海域正櫻蝦漁業之漁具、漁法、漁場特性與對象漁獲物生物之特性條件，並具備 1991 ~ 2007 年期間之漁獲統計資料，適合以漁獲統計資料為基礎，進行剩餘生產量模式分析。因此本研究遂以該模式推算其在平衡狀態下之漁獲量 ( $Y_E$ )、努力量 ( $f_E$ ) 及單位努力漁獲量 ( $Y_E / f_E$  或  $U_E$ ) 之關係，亦即利用剩餘生產量理論模式推

\*通訊作者 / 高雄市前鎮區漁港北一路 1-1 號, TEL: 0929190407, FAX: 07-8218205; E-Mail: billsrchen@yahoo.com.tw

算 MSY 及相對應之持續漁獲努力量 (sustainable yield effort, 簡稱  $f_s$ )。

Schaefer (1954, 1957) 以 Baranov (1927)、Graham (1935) 等研究者之剩餘生產量模式理論為基礎，並以非平衡狀況下漁獲量及努力量資料，推算平衡漁獲量，實施漁業資源之評估 (Ricker, 1975; Huang and Kuo, 1990)。該模式之應用例子眾多，其方法在 Ricker (1975)、Gulland (1983)、Pauly (1984)、Sparre *et al.* (1989)、Huang and Kuo (1990) 及 King (1995) 等之著作中均有詳盡之介紹，其中又以 Schaefer-Fox 模式 (稱為 Fox 模式) 廣泛應用在眾多漁業資源評估與管理上。本研究以 Fox (1970) 模式及 Schaefer (1954) 模式，估算 MSY 及  $f_s$ 。另外，由平衡產量曲線所求得的邊際產量曲線進行估算，以求取最適生產量  $Y_{0.1}$  (optimum yield, OY) 及相對應之最適漁獲努力量 ( $f_{0.1}$ )，期解析結果能作為將來合理開發台灣正櫻蝦資源之參考。

### 材料與方法

本研究所使用的分析資料為 1991 ~ 2007 年期間，16 艘正櫻蝦標本船於台灣西南海域東港至枋山沿岸海域 (Fig. 1) 正櫻蝦漁場作業之漁獲資料及 1994 ~ 2007 年東港區漁會魚市場之漁獲拍賣記錄資料。標本船之漁獲資料係用來估算 1991 ~ 1993 年之漁獲量 (Chen *et al.*, 1998) 及單位努力漁獲量 (catch per unit effort, 以下簡稱 U) 與作業船每年之總漁獲努力量 (fishing effort,  $f$ )。本研究所採用之 CPUE (每網次之漁獲量) 資料，係直接由 16 艘標本船之 CPUE 平均而得。同時，總努力量係依 Huang and Kao (1990) 之方法，由魚市場之拍賣量除以平均 CPUE 來求取。平衡狀態下之漁獲量 ( $Y_E$ )、努力量 ( $f_E$ )、單位努力漁獲量 ( $Y_E / f_E$  或  $U_E$ ) 等資料係利用 Schaefer (1954) 之方法計算而得 (Ricker, 1975)。最大持續生產量分別依各有關理論模式推算後，以 Fox (1970) 模式與 Schaefer (1954, 1957) 模式 (Ricker, 1975; King, 1995) 所得結果為代表。

Fox 模式之公式如下：

$$\ln(Y_E / f_E) = \ln U_E = a - b f_E \dots \dots \dots (1)$$

$$Y_E = f_E \times U_{\infty} \times e^{-b f_E} \dots \dots \dots (2)$$

其中，a, b 分別為迴歸直線截距及斜率估值。

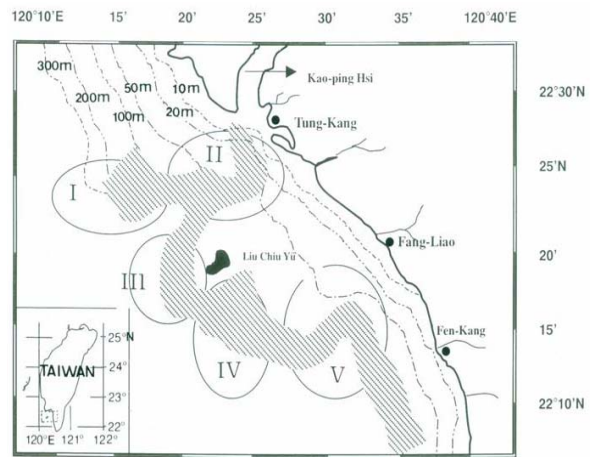


Fig. 1 The fishing ground (oblique lines, I ~ V) for *Sergia lucens* off southwestern Taiwan.

由式(1)直線迴歸求得之 a, b 值，重新代入 (2) 式後即可求得 Fox 模式之非對稱型產量變動曲線。該曲線之最大值可由式(2)取微分得最適漁獲努力量：

$$(f_s) = 1/b \dots \dots \dots (3)$$

將  $f_s = 1/b$  代入(2)式，則可得到最大持續生產量( $Y_s$ )：

$$Y_s = U_{\infty}/be = e^{a-1}/b \dots \dots \dots (4)$$

漁具漁獲能率 (q 或稱為作業度係數) 引用 Chen *et al.* (1998) 之估算結果，其值為 0.0001。其他數值之計算式包括：

相當於 MSY 之單位努力漁獲量( $U_s$ )

$$U_s = Y_s / f_s = e^{a-1} \dots \dots \dots (5)$$

漁獲死亡率( $F_s$ )

$$F_s = q \times f_s \times q/b \dots \dots \dots (6)$$

達 MSY 所需之資源量( $B_s$ )

$$B_s = Y_s / F_s = U_{\infty}/(qe) = e^{a-1}/q \dots \dots \dots (7)$$

最大單位努力漁獲量( $U_{\infty}$ )

$$U_{\infty} = e^a \dots \dots \dots (8)$$

最大資源量( $B_{\infty}$ )

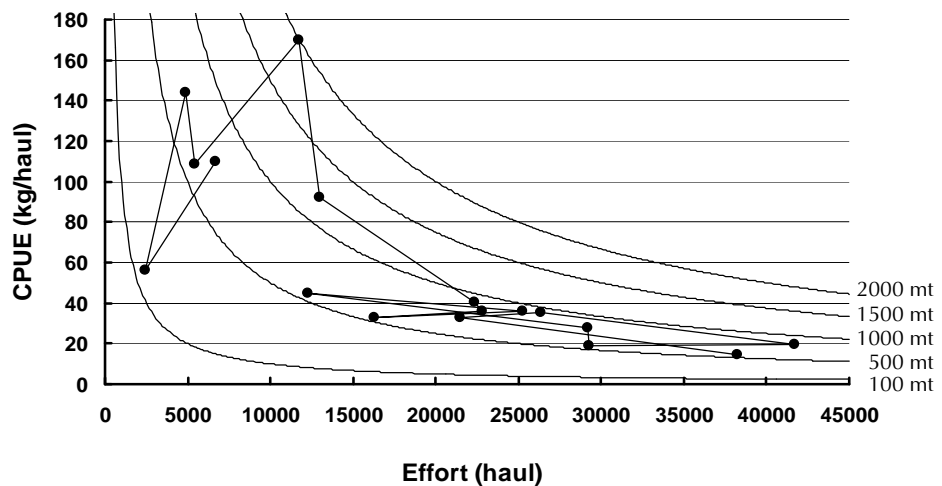
$$B_{\infty} = B_s \times U_{\infty} / U_s = e^a / q \dots \dots \dots (9)$$

式 (1) 中之 a, b 值係採對數處理後之直線迴歸分析方法求得，因此漁獲量在轉換成非對數值時會有低估之狀況 (所謂相乘效應，multiplicative effect) (Ricker, 1975)。所得估值為幾何平均 (Geometric mean 或 GM 值)，必需經由下列公式予以修正：

$$\log_{10}(AM/GM) = 0.2172 \times s^2 \times (N-1)/N \dots \dots \dots (10)$$

其中  $s^2$  為式(1)中迴歸直線之剩餘均方，N 為

**Fig. 2** Change of CPUE (kg/haul) in respective to fishing effort (haul) of sergestid shrimp in coastal waters off southwestern Taiwan. Numbers by certain of the solid circles were the year in which the ordinate value from Table 1 was observed.



標本數。修正後之迴歸式稱為算術平均迴歸式 (Arithmetic mean regression, 簡稱 AM regression)。

通常最適漁獲量都少於或相當於最大持續生產量，而且一般都採用較 MSY 保守之漁獲努力量。因此，依 Pauly (1984) 所提出之最適產量 ( $Y_{0.1}$ ) 及相對應最適努力量 ( $f_{0.1}$ ) 之觀念，當  $f = f_{0.1}$  時，以反復迭代逼近法可推算求得：

$$f_{0.1} = 0.78 f_s \dots\dots\dots(11)$$

$$Y_{0.1} = 0.97 Y_s \dots\dots\dots(12)$$

Schaefer 模式之公式如下：

$$Y_E / f_E = a - b f_E \dots\dots\dots(13)$$

$$Y_E = a f_E - b f_E^2 \dots\dots\dots(14)$$

其中， $a, b$  分別為迴歸直線截距及斜率估值。由式 (13) 直線迴歸求得之  $a, b$  值，重新代入 (14) 式後即可求得 Schaefer 模式之非對稱型產量變動曲線。該曲線之最大值可由式 (14) 取微分得：

$$\text{最適漁獲努力量 } (f_s) = a / (2b) \dots\dots\dots(15)$$

將  $f_s = a / (2b)$  代入 (14) 式，則可得到最大持續生產量 ( $Y_s = a^2 / (4b)$ )  $\dots\dots\dots(16)$

當  $f = f_{0.1}$  時，最適產量 ( $Y_{0.1}$ ) 及相對應之最適努力量 ( $f_{0.1}$ ) 如下：

$$f_{0.1} = 0.9 f_s \dots\dots\dots(17)$$

$$Y_{0.1} = 0.99 Y_s \dots\dots\dots(18)$$

## 結 果

1991 ~ 2007 年期間，台灣西南海域正櫻蝦之漁獲量、努力量、16 艘標本船之漁獲量與努力量，及依平衡漁獲量理論所導出之結果如 Table 1 所

示。年漁獲量介於 136 ~ 2000 mt 之間，其中以 1992 年最低，1995 年最高。年漁獲努力量為  $2.42 \times 10^3 \sim 41.67 \times 10^3$  網次，單位努力漁獲量 ( $Y/f$ ) 介於 14.70 ~ 170.03 kg/網次。16 艘標本船之年漁獲量 (Table 1, 第 4 欄) 介於 45 ~ 368 mt 之間，努力量 (Table 1, 第 5 欄) 為  $0.81 \times 10^3 \sim 5.56 \times 10^3$  網次。由單位努力漁獲量曲線中 (Fig. 2) 可明顯地看出，自 1992 年起，歷年來之努力量持續增加。1991 ~ 1995 年期間，台灣正櫻蝦漁業之漁獲量隨漁獲努力量之增加而大量增加，顯示出以往低度開發 (under exploitation) 之狀況。自 1996 年開始，漁獲努力量雖增加，單位努力漁獲量卻反降，顯示已有過度開發利用之慮。

將漁獲效能  $q$  值 (Chen *et al.*, 1998) 乘以漁獲努力量 ( $f$ )，可求得各年之漁獲死亡率 ( $F$ ) (Table 1, 第 7 欄)，所得結果顯示以 1992 年最低，2004 年最高。平衡漁獲量 ( $B$ ) (Table 1, 第 8 欄) 介於 147.00 ~ 1700.68 mt 之間。由  $\Delta B$  (前一年與後一年資源推算量之差 =  $(B_3 - B_1) / 2$ ) 之值 (Table 1, 第 9 欄) 由正變負顯示，自 1995 年以後，年漁獲量似已超過平衡漁獲量，已有過漁徵候。

將 Table 1 之  $\ln(Y_E / f)$  及  $f$  值套用 (1) 式，以進行迴歸分析，結果如 Fig. 3 上圖所示。平衡狀態下之單位努力漁獲量 ( $Y_E/f$ ) 之對數值與努力量 ( $f$ ) 之直線迴歸式為：

$$\ln(Y_E/f) = 4.99 - 6.07 \times 10^{-5} \times f, \quad r = 0.836 \quad (p < 0.01) \dots\dots\dots(19)$$

如 Fig. 3 下圖所示，幾何平均迴歸式 (GM regression) 為：

**Table 1** Yield (Y) in thousand kilograms, fishing effort (f) in thousand hauls, and derived statistics for sergestid shrimp of fishing ground in southwestern Taiwan (Data collected from sampling vessels and auction record of fish market of Tung-Kang Fishery Association)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Year	Y 10 <sup>3</sup> kgs	f 10 <sup>3</sup> hauls	Sampline catch 10 <sup>3</sup> kgs	Sampline effort 10 <sup>3</sup> hauls	Y/f kgs/haul	F	B 10 <sup>3</sup> kgs	B	Y <sub>E</sub> 10 <sup>3</sup> kgs	Y <sub>E</sub> /f kgs/haul	ln(Y <sub>E</sub> /f)
1991	731	6.67	244	2.22	109.57	0.667	1095.95	-	-	-	-
1992	136	2.42	45	0.81	56.25	0.242	561.98	171.3	307.3	126.98	4.844
1993	702	4.88	234	1.63	143.80	0.488	1438.52	261.2	963.2	197.38	5.285
1994	591	5.45	140	1.30	107.28	0.545	1084.40	131.1	722.1	132.49	4.887
1995	2000	11.76	368	2.16	170.03	1.176	1700.68	-80.3	1919.7	163.24	5.095
1996	1200	12.99	198	2.14	92.36	1.299	923.79	-648.8	551.2	42.43	3.748
1997	900	22.33	120	2.98	40.30	2.233	403.05	-282.4	617.6	27.66	3.320
1998	819	22.82	108	3.02	35.89	2.282	358.90	-36.6	782.4	34.29	3.535
1999	537	16.28	71	2.15	32.99	1.628	329.85	-0.6	536.4	32.95	3.495
2000	902	25.22	119	3.33	35.77	2.522	357.65	58.9	960.9	38.10	3.640
2001	551	12.31	74	1.64	44.76	1.231	447.60	-38.0	513.0	41.67	3.730
2002	820	29.11	109	3.88	28.17	2.911	281.69	-129.6	690.4	23.72	3.166
2003	551	29.25	69	3.90	18.84	2.925	188.38	-44.0	507.0	17.33	2.853
2004	803	41.67	128	5.56	19.27	4.167	192.73	81.2	884.3	21.22	3.055
2005	924	26.34	138	3.94	35.08	2.634	350.80	67.8	991.9	37.65	3.628
2006	705	21.47	83	2.86	32.83	2.147	328.29	-101.9	603.0	28.08	3.688
2007	562	38.26	52	2.81	14.70	3.826	147.00	-	-	-	-

$$Y_{GM} = 147.07 \times f \times e^{-0.0000607f} \dots\dots\dots(20)$$

前述 (AM/GM) 比值經計算結果為 1.041(147.07×1.041=153.16)，因此算術平均迴歸式 (AM regression) 為：

$$Y_{AM} = 153.16 \times f \times e^{-0.0000607f} \dots\dots\dots(21)$$

從上 (1) 及 (19) 式中，a、b 值推算其他參數如下：

相對於 MSY 之漁獲努力量： $f_s = 1/b = 16,485$  網次 (Table 2)。

最大持續生產量： $Y_s = e^{a-1}/b = 891.91$  mt (Table 2)。

達 MSY 之單位努力漁獲量： $U_s = e^{a-1} = 54.10$  kg/網次。

$$\text{漁獲死亡率} : (F_s) = q \times f_s = q/b = 1.649$$

$$\text{提供 MSY 所需之資源量} : (B_s) = Y_s / F_s = e^{a-1}/q = 541.04 \text{ mt}$$

$$\text{最大單位努力漁獲量} : (U_\infty) = e^a = 147.07 \text{ kg/網次。}$$

$$\text{最大資源量} : (B_\infty) = B_s \times U_\infty / U_s = e^a / q = 1,470.70 \text{ mt。}$$

$$\text{將 } f_s \text{ 代入式(20)，則最大持續生產量} : (Y_s) = e^{a-1} / b \times AM / GM = 928.86 \text{ mt。}$$

$$\text{達 MSY 之單位努力漁獲量} : (U_s) = e^{a-1} \times AM / GM = 56.35 \text{ kg/網次。}$$

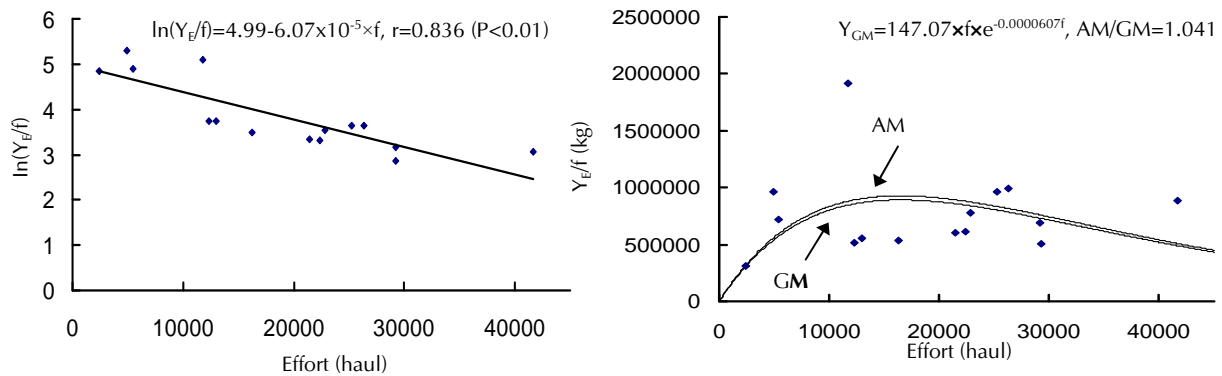
將  $f_s = 16,485$  網次代入式 (11)，可得最適努力量 ( $f_{0.1}$ ) 為 12,858 網次。將  $Y_s = 928.86$  mt 代入式 (12)，可得最適生產量 ( $Y_{0.1}$ ) 為 900.99 mt。

將 Table 1 之  $Y_E / f$  及  $f$  值套用 (13) 式，以進行迴歸分析，結果如 Fig. 4 上圖所示。平衡狀態下之單位努力漁獲量 ( $Y_E / f$ ) 與努力量 ( $f$ ) 之直線迴歸式為：

$$Y_E / f = 142.06 - 4.10 \times 10^{-3} \times f, r = 0.754 (p < 0.01), \dots\dots\dots(22)$$

如 Fig. 4 下圖所示，幾何平均迴歸式(GM regression)為：

$$Y_E = 142.06 \times f - 4.10 \times 10^{-3} \times f^2 \dots\dots\dots(23)$$



**Fig. 3** Geometric mean (GM) regression between logarithms of equilibrium yield per effort,  $\ln(Y_e/f)$ , and effort ( $f$ ) of sergestid shrimp from 1992 to 2006 in the coastal waters off southwestern Taiwan. The solid circles were the year in which the logistics of equilibrium yield per effort (ordinate value from table 1) was observed (left); Arithmetic mean regression (AM) and geometric mean regression (GM) between equilibrium yield ( $Y_e$ ) and effort ( $f$ ) of sergestid shrimp from 1992 to 2006 in the coastal waters off southwestern Taiwan. The solid circles were the year in which the  $Y_e$  (ordinate value from Table 1) was observed (right).

**Table 2** Schaefer and Fox models to estimate the constant ( $a$ ), coefficient of abscissa axis ( $b$ ), correlation coefficient ( $r$ ),  $t$ -test value, effort ( $f_s$ ) and maximum sustainable yield (MSY) based on the equilibrium yield and fishing effort (data from Table 1) of sergestid shrimp from 1991 to 2007 in the coastal waters off southwestern Taiwan

Parameter	A	B	R	t-test	Critical level	MSY(ton)	$f_s$ (haul)
Fox ( $\ln(Y_e/f)$ vs $f$ )	4.99	$-6.07 \times 10^{-5}$	0.936	-5.501	0.01	891.91	16485
Schaefer ( $Y_e/f$ vs $f$ )	142.06	$-4.10 \times 10^{-3}$	0.754	-4.133	0.01	1230.80	17327

從上 (13) 及 (22) 式中， $a$ 、 $b$  值推算其他參數如下：

相對於 MSY 之漁獲努力量： $(f_s) = 1/b = 17,327$  網次 (Table 2)。

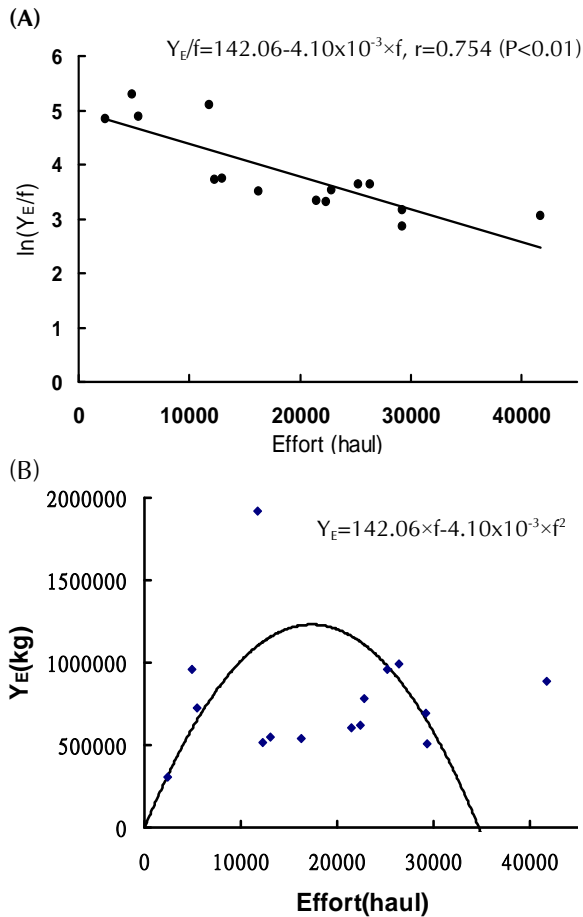
最大持續生產量： $(Y_s) = e^{a-1}/b = 1,230.80$  mt (Table 2)。

將  $f_s = 17,327$  網次代入式 (17)，可得最適努力量 ( $f_{0.1}$ ) 為 15,594 網次。將  $Y_s = 1,230.80$  mt 代入式(18)，可得最適生產量 ( $Y_{0.1}$ ) 為 1,218.50 mt。

## 討 論

在漁業資源之開發上，唯有在最初期時，漁獲努力量與單位努力漁獲量均持續增加之情況下，努力量與漁獲量才會出現正相關之情形。一般開發中漁業均為負相關 (Gulland, 1983)。台灣西南海域正櫻蝦漁業資源自從以漁獲量上限實施自律式管理後 (Chen *et al.*, 1995)，正櫻蝦市場價值

大幅上漲。自 1995 年起，作業船增加至 97 艘，該年之漁獲努力量增加為  $11.76 \times 10^3$  網次 (Table 1 第 3 欄)，其增加率 (1994 年之 2.15 倍) 為歷年來最大。加上該年之月平均單位努力漁獲量均維持在高值 (Su *et al.*, 1995)，致使其年漁獲量達到歷年來之最高峰 (2000 mt)，亦使漁民體會到自我管理型漁業之優點 (Chen *et al.*, 1995)。但同時亦導致漁民認為只要投入更多之努力量，漁獲量將再持續增加。由 Fig. 2 及 Table 1 的第 2 與第 6 欄所示，1996 年及 1997 年之努力量持續增加，但單位努力漁獲量 (由 1996 年之 92.36 kg/網次降為 1997 年之 40.30 kg/網次與 2003 年降為 18.84 kg/網次) 及年漁獲量 (由 1996 年之 1200 mt 降為 1997 年之 900 mt) 卻反降之事實，顯示漁獲壓力已超過了資源再生產能力。 $B_{\infty} = 1,470.70$  mt 為本漁業模式中之最大平均理論資源量，其值比 1995 年之漁獲量 (2,000 mt) 為低，除了顯示本分析的不完美之外，亦可說明對於在食物鏈上層次較低之正櫻蝦而言，



**Fig. 4** (A) Geometric mean regression between logarithms of equilibrium yield per effort,  $\ln(Y_E/f)$ , and effort ( $f$ ) of sergestid shrimp from 1992 to 2006 in the coastal waters off southwestern Taiwan. The solid circles were the year in which the logistics of equilibrium yield per effort (ordinate value from table 1) was observed; (B) Arithmetic mean regression between equilibrium yield ( $Y_E$ ) and effort ( $f$ ) of sergestid shrimp from 1992 to 2006 in the coastal waters off southwestern Taiwan. The solid circles were the year in which the  $Y_E$  (ordinate value from Table 1) was observed.

其生產力有可能在短期內即產生劇烈變化。由於本研究結果顯示，本漁業之最大持續生產量( $Y_s$ )為 900.99 ~ 1,218.50 mt，最適漁獲努力量 ( $f_s$ )為 12,858 網次至 15,594 網次，因此 1997 年以後之漁獲量均已遠超過資源所能負荷之水平。1995 年以後，漁獲努力量持續增加，且至 2007 年為止，年漁獲努力量大多超過最適漁獲努力量。可見，台灣西南海域正櫻蝦漁業目前已有明顯之經濟性過漁現象。為未雨綢繆計，亟待重新評定自律式管理模式之實施方式。筆者等建議採取較保守之評估結果 (Fox model) 作為資源管理之依據，同

時應透過維持市場價格並逐步降低投入努力量之方式，如個別漁船一週休漁三日之規定、每日作業網次之控制及產卵盛期禁漁等之嚴格執行，均為今後實施正櫻蝦資源管理之重點。

剩餘生產量模式係將由於補充群數量及個體成長的增加混合後，尋求該增加量與漁獲努力量之間的統計關係。上述關係受漁具漁獲能率之變異影響頗大。本研究使用之漁具漁獲能率係由 1993 ~ 1994 年之漁獲資料利用 DeLury 模式求得 (Chen *et al.*, 1998)，由於作業船所使用之網具，自 1993 年起全部安裝網口紀錄器，理論上漁獲能率應用至 2003 年應不至於產生太大誤差。1995 年以後進入之漁船，在作業技術及經驗上可能比不上標本船漁民之水平，如此將可能導致  $q$  值偏高及  $MSY$  值偏低。但前述過漁的現象應已是不爭之事實，未來隨著各漁船下網深度控制能力及對海況之掌握技術提昇， $q$  值當會提高。但不管如何，將來如因漁具漁法之改進而使漁獲能率發生變化，則仍有重新予以評估之需要。

本研究之對象生物 (正櫻蝦) 係屬於壽命較短者 (Omori, 1969)，由於漁場範圍及漁期穩定，漁具均為中層拖網，漁民作業統一由產銷班公開作透明化管理，所有漁獲量統計資料亦均完整，非常適合使用剩餘生產量理論進行分析 (King, 1995)，但剩餘生產量理論亦可因不同之考慮角度而有不同的求解方法。本研究使用 Schaefer 及 Fox (Ricker, 1975) 模式進行推算，結果顯示 Schaefer 模式之  $MSY$  估值較 Fox 模式所估得者高，且兩種模式經  $t$ -test 檢查迴歸係數之顯著性，結果顯示 Fox 模式、Schaefer 模式有顯著關係 (Table 2)，因此予以採納。由於本模式來自 Schaefer (1954)，其仍屬於所謂非平衡模式，作者等認為對於單純如本漁業之分析而言，已具有相當之可信度。新一代的 ASPIC 模式，其理論及技術處理係針對大規模且複雜性高之鮪漁業所作之運算，希望日後有更大量及完整的資料作進一步的探討。

正櫻蝦為具有垂直性洄游及群居行為之水產資源生物，其生命週期短 (Omori, 1969)，因此漁獲量亦受海洋環境因子之影響，影響之因子包括：水深、光照、水流等。上述因子如果能夠配合漁獲作業資料共同分析，應可得到更精確的結果。目前所知學者 Freon 等提出之 CLIMPROD

理論模式 (Freon *et al.*, 1993) 可作為上述分析之用。另一方面，由於海況因子的影響通常非常短暫，因此以一年平均值 (如年平均水溫) 與年 CPUE 值共同分析，是否符合生物學上的條件不無疑問。筆者等以為在個別年份中以單獨漁船之作業紀錄配合當時海況資料進行分析，或許更能反映出真正之關係，而且在同一年之分析中並未涉及資源量年變動之影響，或許更能顯示出短暫之海況變化對漁獲量之影響過程，這一方面的分析將有賴於日後另文撰述。

傳統上補充群模式主要有李格氏 (Ricker, 1975) 及畢佛頓-何特氏 (Beverton and Holt, 1957) 兩大派別。初步由正櫻蝦之生態習性 (洄游性低，年齡結構簡單，產卵量多，低攝食階層等) 看來，其種內競爭導致之密度效應 (Density-dependent recruitment) 或許並不存在。由此觀之，未來配合畢佛頓-何特氏補充群曲線進行分析之可行性比較大。

本研究僅就剩餘生產量模式進行探討，對於動態組合模式之應用，由於缺乏相關資料 (主要為成長曲線參數及自然死亡率) 估值，尚無法進行。另一方面，由於正櫻蝦為海中許多魚類資源之主要食物，因此通過大規模詳細之食性調查工作，所得結果套用多種類漁業管理模式 (Multispecies model) 進行分析，對於該區整個漁業生態系統之了解及管理，應可有很大之意義及貢獻。

## 謝 辭

本研究承蒙國立台灣海洋大學環境生物與漁業科學系名譽教授周耀休博士與日本東北大學川崎健博士之指導，中央研究院動物研究所李前研究員信徹博士在文章內容及寫作技巧予以詳細訂正，陳春茂等16位正櫻蝦專業船長協助漁況資料收集，以及東港區漁會王志民先生提供正櫻蝦產量資料，始得以順利完成，僅致以衷之謝忱。

## 參考文獻

- Chen, S. R., C. H. Ho, W. C. Su and Y. S. Chow (1994) Sergestid shrimp (*Sergia lucens* Hansen) fishery in Taiwan. *China Fish. Month.*, 497: 25-36 (in Chinese).
- Chen, S. R., W. C. Su, C. H. Ho and Y. S. Chow (1995) Self-governing model of the Sergestidae shrimp (*Sergia lucens* Hansen) fishery in Taiwan. *China Fish. Month.*, 516: 5-20 (in Chinese).
- Chen, S. R., W. C. Su, C. H. Ho and Y. S. Chow (1998) Spatio-temporal variation of the catch of the Sergestid Shrimp, *Sergia lucens* Hansen, in the Coastal Waters of Southwestern Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 25(1): 45-56.
- Chen, S. R., W. C. Su, C. H. Ho and Y. S. Chow (1998) Estimation of the stock size and fishing mortality of Sergestid Shrimp, *Sergia lucens* Hansen, off Southwestern Taiwan with Leslie's Method. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 25(2): 21-28.
- Chen, Y. H., S. R. Chen, C. F. Chang, J. C. Lin, W. C. Su and S. J. Chen (2005) Characteristics of Ovarian Development for the Sergestid shrimp, *Sergia lucens* (Hansen), in Taiwan. *J. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 13(2): 11-23.
- Freon, P., C. Multon and G. Pichon (1993) Experimental interactive software for choosing and fitting surplus production models including environmental variables. *FAO Computerized Information Series Fisheries*, 76 pp.
- Gulland, J. A. (1983) Fish stock assessment, a manual of basic methods. *Mar. Res. Service Fish. Res. and Env. Division FAO of UN*, 65-82, 223 pp.
- Hayashi, K. (1987) The classification and ecology of shrimp caught in Japanese sea area. *Seibutsu Enkyusha Co. Ltd., the Ocean and Life* (48), 9 (1): 44-48 (in Japanese).
- Huang, S. T. and C. L. Kuo (1990) Fishery resource science. *China Fish. Month.*, 452: 49-53 (in Chinese).
- King, M. (1995) Fisheries Biology, Assessment and Management. *Fishing News Books*, 198-208, 341 pp.
- Lee, D. A., S. H. Wu, I. C. Liao and H. P. Yu (1996) On three species of commercially important Sergestid shrimps (Decapoda: Sergestidae) in the coastal waters of Taiwan. *J. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 4(1): 1-19.
- Omori, M. (1969) The biology of a Sergestid shrimp *Sergestes lucens* Hansen. *Bull. Ocean Res. Ins.*, 4: 1-83.
- Omori, M. (1989) Fishery of sergestid shrimp, *Sergia lucens* Hansen, at Tung-Kang, Taiwan. *J. Fish. Oceano. Soc.*, 53 (1): 108-110. (in Japanese).
- Omori, M., Y. Ukishima and F. Muranaka (1988) New record of occurrence of *Sergia lucens* (Hansen)

- (Crustacean, Sergestidae) off Tung-Kang, Taiwan, with special reference to Phylogeny and distribution of the species. J. Japan, 44: 261-267 (in Japanese with English abstract).
- Pauly, D. (1984) Fish population dynamics in tropical waters, a manual for use with programmable calculators. ICLARM, 72-77, 120-121.
- Ricker W. E. (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 6-9: 150-155.
- Schaefer, M. B. (1954) Some aspects of the dynamics of population important to the management of the commercial marine fisheries. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., 1(2): 27-56.
- Sparre, P., E. Ursin and S. C. Venema (1989) Introduction to tropical fish stock assessment part 1-manual. FAO Fisheries Tech. Paper 306/1, FAO United Nations Rome, 243-270, 337pp.
- Su, W. C. and S. R. Chen (1991) Fishing gear, method and mechanism of forming fishing-ground of Sergestid shrimp (*Sergia lucens* Hansen) fishery off southwestern Taiwan. Exp. Reports of Taiwan Fish. Res. Ins., 26-38 (in Chinese).
- Su, W. C. and S. R. Chen (1995) Biology of Sergestid shrimp (*Sergia lucens* Hansen) and mechanism of Sergestid shrimp fishing ground in the coastal waters off southwestern Taiwan. Exp. Reports of Taiwan Fish. Res. Ins., 104-123 (in Chinese).



## Studies of Sergestid Shrimp (*Sergia lucens*) Fishery in the Coastal Waters of Southwestern Taiwan with Surplus Production Model

Chen Shou-Ren<sup>1\*</sup>, Sun-Chio Fong<sup>2</sup>, Jian-Zhi Huang<sup>1</sup>, Chuen-Chi Wu<sup>1</sup>,  
Long-Jing Wu<sup>1</sup>, Wei-Cheng Su<sup>3</sup> and Chuan-Hung Ho<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Coastal and Offshore Resource Research Center, Taiwan Fisheries Research Institute

<sup>2</sup>Institute of Marine Biology, College of Marine Sciences, National Sun Yet-Sen University

<sup>3</sup>Taiwan Fisheries Research Institute

<sup>4</sup>Nan Jeon Institute of Technology

### ABSTRACT

This paper studied the sergestid shrimp (*Sergia lucens*, Hansen) fishery around South-western Taiwan between 1991 and 2007. Fishery statistics were collected and employed for dynamical analysis of the classical surplus production model. The values of the equilibrium fishing yields ( $Y_E$ ) were estimated after Schaefer. Regression relationship between CPUE and fishing effort was found significant. Adapting the Fox model resulted in the estimated values of optimum yield ( $Y_{0.1}$ ) of the fishery of 893.32 mt, under the condition of 10,478 hauls annually. Analog results with Schaefer's model equaled to 1167.87 mt, and 13,151 hauls, respectively. Both assessment models concluded that the resource has been over exploited, and that the level of exploitation should be heavily reduced for utilization of the stock.

**Key words:** Sergestid shrimp, maximum sustainable yield (MSY), optimum fishing effort, southwestern Taiwan, surplus production model

---

\*Correspondence: 1-1 North 1st Road, Chien Chen Fishing Port, Kaohsiung, Taiwan, ROC. TEL: 0929190407, FAX: 07-8218205; E-mail: billsrchen@yahoo.com.tw