

再刊編號：9  
Reprint No. 9

抽印自 臺灣水產學會刊  
第14卷 第1期  
Reprinted from  
Journal of the  
Fisheries Society of Taiwan  
Vol. 14(1), pp. 49-59, 1987

9

臺灣西南沿岸海域重要經濟蝦類之生態學研究 - II  
大鵬灣熊蝦之向海洄游

蘇茂森·廖一久

Ecological Studies on the Commerically Important Prawns from  
the Coast Waters of Southwest Taiwan -II  
Emigration of Penaeus semisulcatus from Dapong Bay

Mao-Sen Su and I-Chiu Liao

國科會補助計畫編號：

NSC-75-0209-B056a-01



## 臺灣西南沿岸海域重要經濟蝦類之生態學研究—II 大鵬灣熊蝦之向海洄游\*

蘇茂森\*\*·廖一久\*\*

Ecological Studies on Commercially Important Prawns from  
the Coastal Waters of Southwest Taiwan—II  
Emigration of *Penaeus semisulcatus* from Dapong Bay\*

Mao-Sen SU\*\* and I-Chiu LIAO\*\*

(Received June, 1987)

The emigration of *Penaeus semisulcatus* from Dapong Bay in southwest Taiwan was investigated from August 1984 to April 1987.

The peak emigrations occurred from July to December. The prawns preferred to emigrate at the new moon or full moon phases. Most of the prawns emigrated after the May-June rainy season. The size (monthly mean carapace length) of emigrating prawns ranged from 20.7 to 33.6 mm for the female and 20.4 to 29.6 mm for the male. New emigrants occurred in June-August. There was significant difference in fatness between sexes. The fatness in winter was significantly different from that in the other seasons for the female. The ovaries of all females sampled were undeveloped. The rate of males with spermatophores was about 50% at a carapace length of 25 mm. For all specimens, the female almost equaled the male in number. However, the female outnumbered the male when carapace length exceeded 30 mm.

### 緒 言

如前篇報告<sup>(1)</sup>所述，一般對蝦類 (Penaeid prawns) 在生活史中有一段期間喜棲息於河口或內灣水域，並以其作為哺育場 (Nursery ground)。大鵬灣為臺灣西南沿岸海域之一大內灣，因此，調查此灣生產之蝦類以及其向海洄游 (Emigration) 加入成蝦資源之實況，不僅可掌握附近海域蝦類資源之補充 (Recruitment)，而且為發展蝦類栽培漁業 (Prawn ranching) 不可或缺的基礎研究之一<sup>(2)</sup>。

筆者等已完成大鵬灣之草蝦外游生態調查<sup>(1)</sup>。本報告為筆者等針對另一重要蝦類——熊蝦，進行類似調查研究之結果。有關熊蝦在河口和內灣水域之生態研究，國外有 Price and Jones<sup>(3)</sup>、Price<sup>(4)</sup>、Tom *et al.*<sup>(5)</sup>、Mohamed *et al.*<sup>(6)</sup>、Staples *et al.*<sup>(7)</sup>、池末<sup>(8)</sup>和倉田<sup>(9)</sup>等論文，但觀其內容皆甚少論及熊蝦向海洄游之過程。至於國內關於此方面的研究則更為闕如。

本報告針對大鵬灣所產熊蝦之外游期、外游與月齡及降雨量之關係、外游蝦之體型、羣構造、體長與體重關係、性成熟以及性比等方面加以探討，以作為今後從事此蝦種苗放流時之依據。

\* 東港分所研究報告 A-82 (Contribution A No. 82 from the Tungkang Marine Laboratory)

\*\* 臺灣省水產試驗所 東港分所 (Tungkang Marine Laboratory, Taiwan Fisheries Research Institute, Tungkang, Pingtung, Taiwan, 92804)

## 材料與方法

本報告使用之漁獲統計資料與標本蝦之採取方法同前報<sup>(1)</sup>所述，係自 1984 年 8 月至 1987 年 4 月，以張網在大鵬灣口定點採集而得。

樣本之採集，仍以月齡為據，亦即在調查期間每週新月、上弦、滿月、下弦之日，即委託漁民採集一網次。此外，為了估計外游量之日變化，1986 年 8~12 月期間，每日採集一網次。於新月、上弦、滿月、下弦之日所採得之標本蝦，携回研究室後，逐尾測量其頭胸甲長 (Carapace length) 與體重 (Body weight)，並分辨性別與卵巢發育情形。最後再解剖蝦體採取胃內含物，並以 10% 中性福馬林溶液加以保存，以供爾後食性研究之用。為探討外游蝦之體長與體重關係，1985 年 9 月至 1986 年 8 月採得之標本，均加測體長 (Body length)。又為調查雄蝦之性腺發育情形，自 1985 年 11 月至 1987 年 4 月採得之雄蝦，則加以解剖貯精莖囊 (Terminal ampoule)，檢查精莖 (Spermatophore) 發育情形。頭胸甲長與體長以游標尺測量，精度至 0.1 mm，體重則以自動天平秤量，精度至 0.01 g 至於降雨量係依據中央氣象局所發行之農業氣象旬報<sup>(10)</sup>之資料。

本研究蒐集之資料亦使用 PC mitac CS 6000 之統計軟體建檔，並進行有關之統計解析。

## 結 果

### 一、外游期

以一組定置於灣口之張網於一夜之捕獲尾數作為外游量之指標，結果如 Fig. 1 所示，其高峯外游量於 7~12 月一波一波出現，且初期之外游量比後期為多，其中尤以 7 月和 8 月份最多。可見大鵬灣之熊蝦之外游期為 7~12 月，其盛期為 7 月和 8 月。

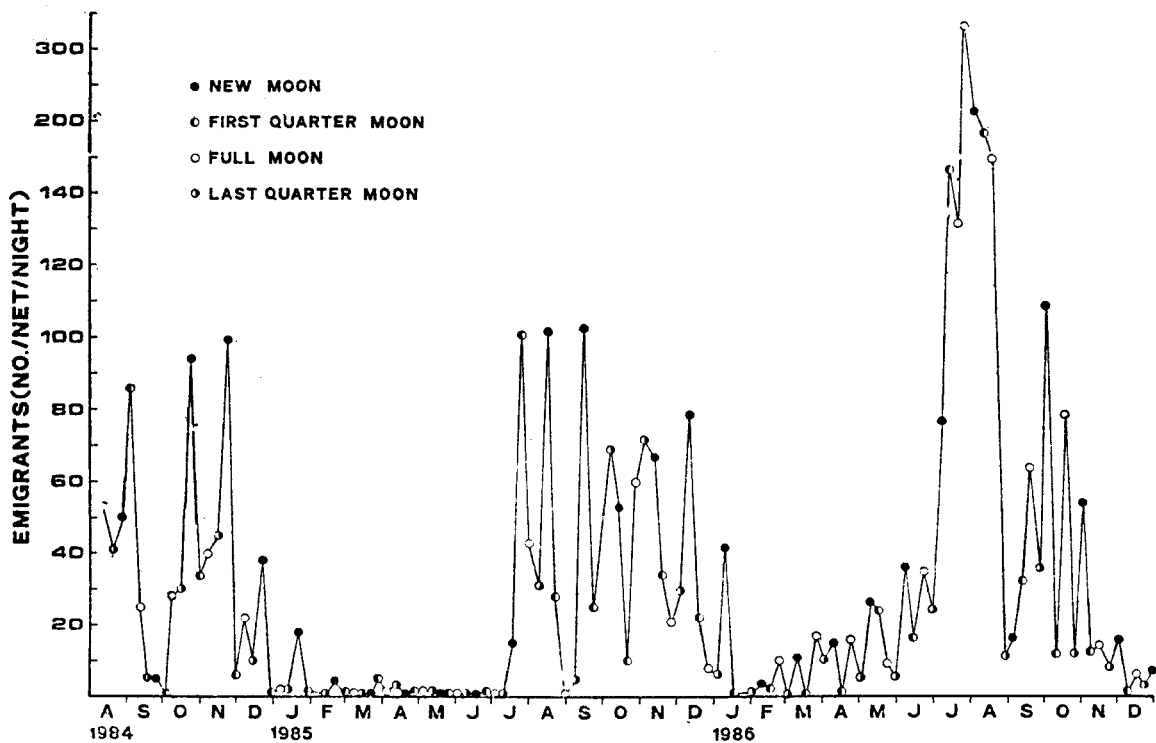


圖 1 大鵬灣熊蝦外游之季節變化

Fig. 1. Fluctuation in emigration of *P. semisulcatus* caught at Dapong Bay from 1984 to 1986.

## 二、外游與月齡之關係

如 Fig. 1 所示，1984 年 8 月至 1986 年 12 月間，外游量出現共 28 次高峯值，其中位於新月者 15 次，滿月者 8 次，上、下弦者則各為 3 次和 2 次。其次，由外游量與月齡間之關係變化 (Fig. 2)，可看出外游羣之高峯多集中於新月或滿月或其前、後一、二日內。可見大鵬灣之熊蝦喜於新月或滿月時外游。不過，在此次調查外游量日變化期間，於 1986 年 8 月 20 日韋恩颱風來襲，結果在颱風過境後 1~2 日出現大量的外游羣 (Fig. 2)。

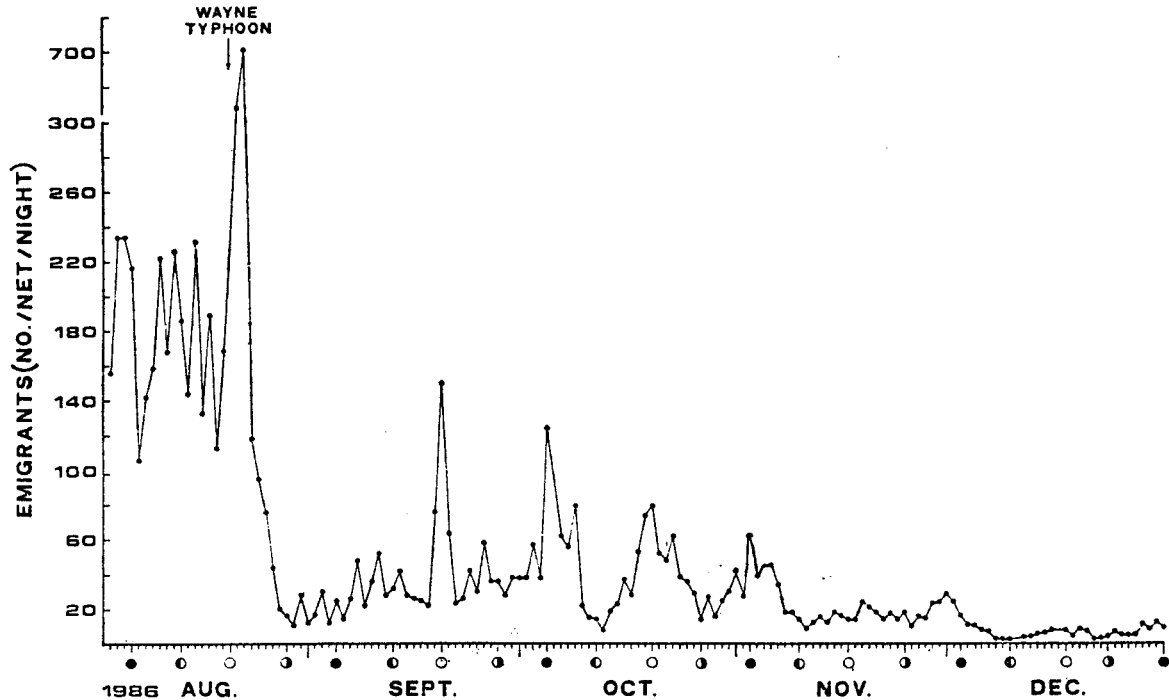


圖 2 大鵬灣熊蝦之外游量與月齡之關係

Fig. 2. Relationship of moon phase and emigration of *P. semisulcatus* caught at Dapong Bay.

## 三、外游與降雨量之關係

Fig. 3 所示者為大鵬灣地區降雨量之旬變化及其與灣內熊蝦高峯外游期之對照關係。大鵬灣地區之雨季為 5~6 月與 8~9 月。此次調查期間之三年度資料均顯示灣內熊蝦在 5~6 月雨季過後開始大量外游。

## 四、外游蝦之體型

如 Fig. 4 所示，外游蝦之月平均頭胸甲長範圍，雌蝦為 20.7~33.6 mm，雄蝦為 20.4~29.6 mm；月平均體重範圍，雌蝦為 8.2~30.6 g，雄蝦為 8.2~23.1 g。除了 6、7 月份外，雌蝦之體型均比雄蝦為大。又，無論雌蝦或雄蝦，皆以 2 月份之體型最大，其後隨着月份逐漸降低，至 7 月份為最低值，然後再逐漸高昇至 2 月份達最高值。

## 五、外游羣構造

Fig. 5 所示為外游羣之月別與雌雄別之頭胸甲長與體重頻度分佈。

由 Fig. 5 可看出 1~5 月之外游羣係由體型較大者構成，可能為越冬羣。此期之雌蝦頭胸甲長與體重之型量分別位於 26~32 mm 與 14~30 g。雄蝦則分別位於 24~31 mm 與 12~26 g。雌蝦之體型比雄蝦為大。這些越冬羣大多於 5 月份以前游出。

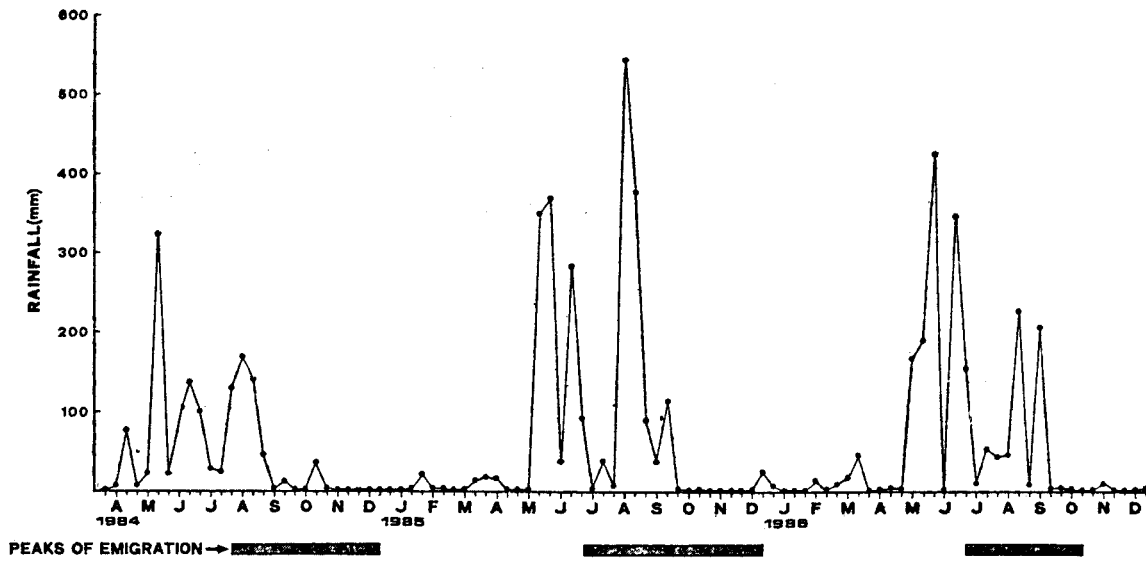


圖 3 大鵬灣熊蝦之高峯外游期與降雨量之關係  
 Fig. 3. Relationship of rainfall and peak emigration of *P. semisulcatus* caught at Dapong Bay.

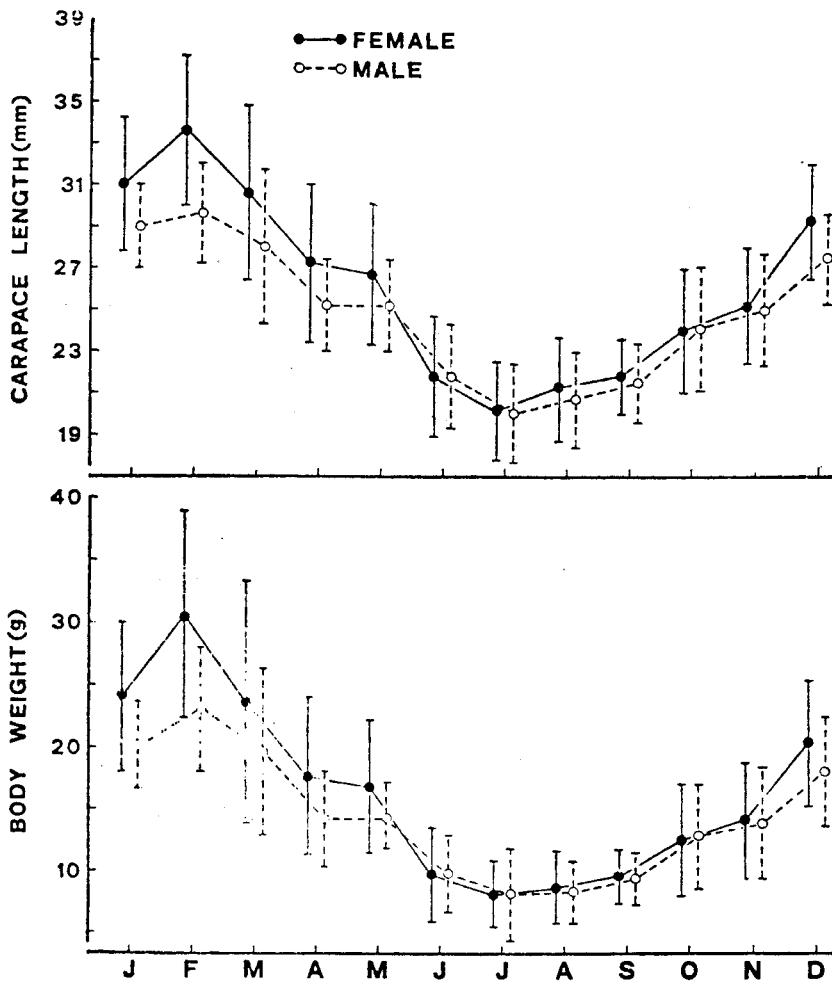


圖 4 外游熊蝦之頭胸甲長與體重月平均 (±1SD) 變化 (1984 年 8 月至 1986 年 12 月)  
 Fig. 4. Monthly mean (±1SD) carapace length and body weight of *P. semisulcatus* sampled from Dapong Bay from August 1984 to December 1986.

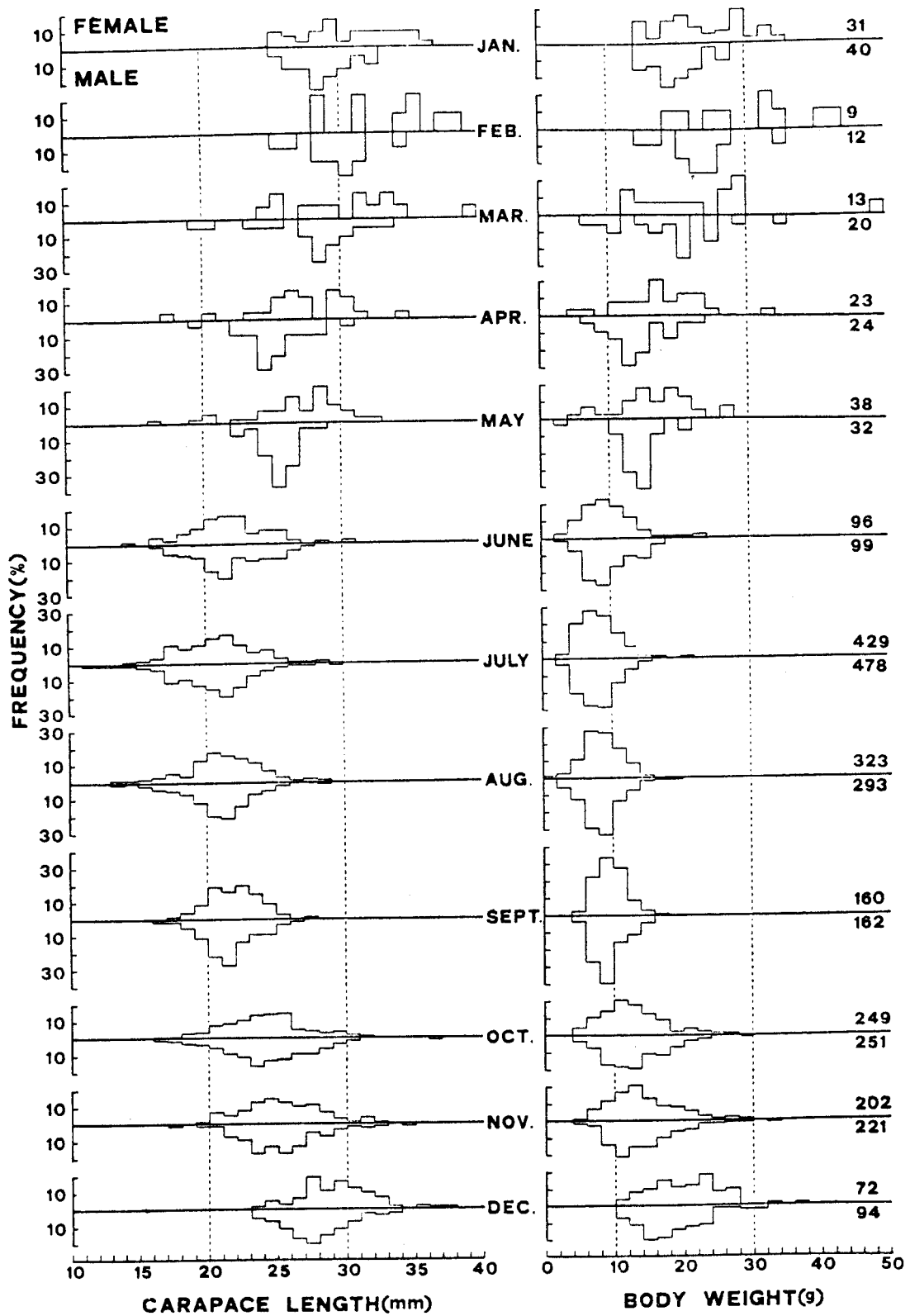


圖 5 外游熊蝦之月別頭胸甲長與體重頻度分佈變化 (1984 年 8 月至 1986 年 12 月)

Fig. 5. Monthly carapace length composition and body weight composition, by sex, for *P. semisulcatus* sampled from Dapong Bay from August 1984 to December 1986. Number in the figure indicates sample size.

6~8 月之外游蝦之主羣由體型較小者構成，屬當年羣。頭胸甲長與體重之型量分別位於 20~22 mm 與 6~10 g。

9~12 月之外游羣則由續留灣內之當年羣構成。在 9 月份，不論雌蝦或雄蝦，頭胸甲長與體重之型量分別位於 21~23 mm 與 8~10 g。至 12 月份，雌蝦之頭胸甲長與體重之型量分別增至 27~30 mm 與 16~24 g，但雄蝦則僅增至 27~28 mm 與 14~18 g。

#### 六、體長與體重關係

依據 1985 年 9 月至 1986 年 8 月測得之體長與體重資料，按秋 (9~11 月)、冬 (12~2 月)、春 (3~5 月)、夏 (6~8 月) 季，雌雄分別估算外游蝦之體長與體重關係，可求得如 Fig. 6 與 Table 1 所示結果，各組關係均呈高度顯著 ( $p < 0.01$ ) 的 Allometry 式關係<sup>(11)</sup>。

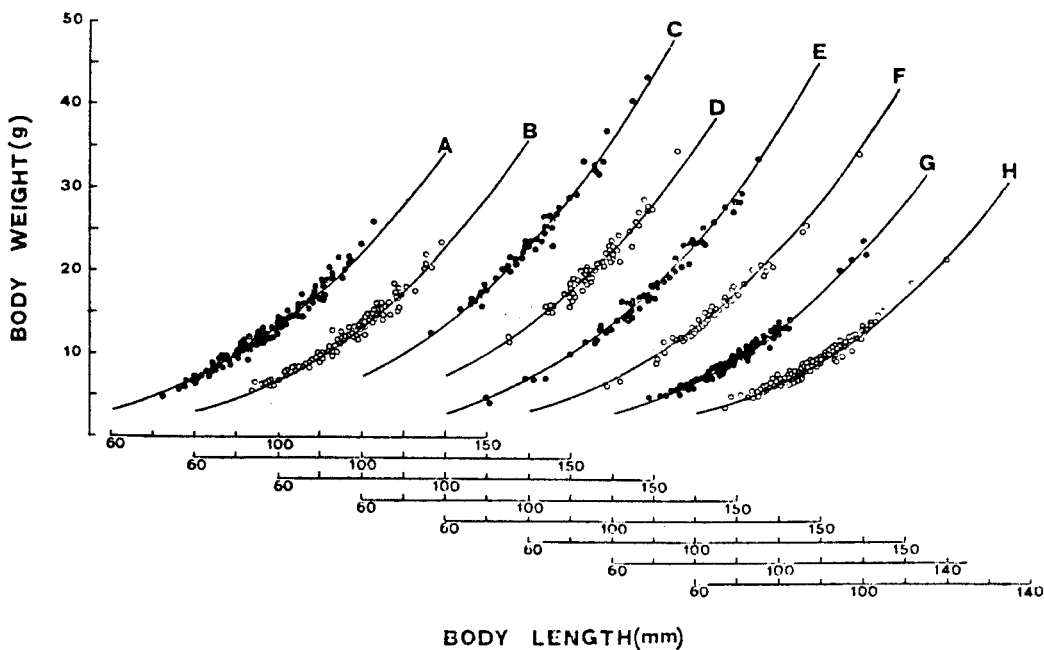
其次，以變積分析 (Covariance analysis)<sup>(11)</sup>，進行雌雄間比較，結果各季在剩餘變方 (Residual variance) 均有高度顯著差異 ( $p < 0.01$ )，秋季則在迴歸係數 (Regression coefficient) 有顯著差異 ( $p < 0.05$ )，而冬、春二季在修正平均值 (Adjusted mean) 有顯著差異 (Table 2)。

又以同樣方法進行季節間比較，結果如 Table 3 所示，除雌蝦在冬季與其他各季間在剩餘變方有顯著或高度顯著差異外，其他各組間則無顯著差異。

#### 七、性成熟

此次調查期間總共採得 1645 尾雌蝦，檢查其卵巢發育情形，均未達成熟。

至於雄蝦之精英發育情形，如 Fig. 7 所示，頭胸甲長在 23 mm 以上者開始帶有精英，25 mm 左右者帶有率為 50%，26~33 mm 者則為 55~90%。



A: Autumn, Female    C: Winter, Female    E: Spring, Female    G: Summer, Female  
B: Autumn, Male    D: Winter, Male    F: Spring, Male    H: Summer, Male

圖 6 外游熊蝦之季節與雌雄別體長與體重關係 (1985 年 9 月至 1986 年 8 月)

Fig. 6. Relationships between body length and body weight, by season and by sex, for *P. semisulcatus* sampled from Dapong Bay from September 1985 to August 1986.



表1 外游熊蝦之季節與雌雄別體長 ( $X$  in mm) 與體重 ( $Y$  in g) 關係式,  $Y=aX^b$  (1985年9月至1986年8月)。

Table 1. Allometric relationship, i.e.  $Y=aX^b$ , of body length ( $X$  in mm) and body weight ( $Y$  in g) for *P. semisulcatus*, by season and by sex, sampled from Dapong Bay from September 1985 to August 1986

Season	Sex	$a$ ( $\times 10^{-5}$ )	$b$	$r$	$t$
Autumn	F	3.34	2.80	0.97	51.17**
	M	1.64	2.95	0.99	71.84**
Winter	F	2.12	2.90	0.99	52.67**
	M	2.66	2.85	0.97	31.86**
Spring	F	1.25	3.02	0.99	51.16**
	M	2.01	2.91	0.99	67.36**
Summer	F	1.73	2.94	0.99	85.87**
	M	2.66	2.84	0.98	66.23**

$r$ : Regression coefficient.

$t$ : Test of significance of  $b$ .

\*\* : Highly significant ( $p < 0.01$ ).

表2 外游熊蝦之季節別雌雄間體長與體重關係之變積分析,  $F_r$ ,  $F_b$  與  $F_a$  為分別比較剩餘變方、迴歸係數與修正平均值之  $F$  值

Table 2. The analysis of covariance for comparing the residual variance ( $F_r$ ), regression coefficient ( $F_b$ ) and adjusted mean ( $F_a$ ) of body weight and body length relationship between female and male *P. semisulcatus* sampled from Dapong Bay from September 1985 to August 1986

	Autumn	Winter	Spring	Summer
$F_r$	**	*	**	**
$F_b$	*	—	—	—
$F_a$	—	**	*	—

—: Not significant.

\* : Significant ( $p < 0.05$ ).

\*\* : Highly significant ( $p < 0.01$ ).

## 八、性 比

性比以雌/(雌+雄)之比值表示。此次總共採得 3371 尾標本、性比為 0.4879, 經  $\chi^2$  測驗結果, 與 0.5 無顯著差異 ( $p > 0.05$ ), 亦即表示雌雄蝦的尾數約略相同。至於性比與頭胸甲長間之關係, 如 Fig. 8 所示, 頭胸甲長超過 30 mm 者, 雌蝦多於雄蝦。而性比之月變化, 則如 Fig. 9 所示, 除了 12~3 月份雄蝦略多外, 在其他月份, 雌雄蝦之尾數大致相同。

## 討 論

由本研究得知大鵬灣之熊蝦新生羣於 6 月開始游出, 7~8 月達最高峯, 未游出者於 9~12 月陸續游出, 少部份越冬後於 1~5 月游出 (Figs. 1 & 5)。綜上所述, 可判斷大鵬灣附近海域熊蝦之生活史可大致歸納如下: 母蝦於 2~4 月間在海外產卵<sup>(12)</sup>, 幼生隨着海流於 3~5 月間進入大鵬灣, 棲

表3 外游熊蝦之雌雄別季節間體長與體重關係之變積分析,  $F_r$ ,  $F_b$ ,  $F_a$  同表二Table 3. The analysis of covariance of body weight and body length relationship between each pair of seasons, by sex, for *P. semisulcatus* sampled from Dapong Bay from September 1985 to August 1986

		Winter			Spring			Summer		
		$F_r$	$F_b$	$F_a$	$F_r$	$F_b$	$F_a$	$F_r$	$F_b$	$F_a$
Autumn	F	*	—	—	—	—	—	—	—	—
	M	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Winter		F	**	—	—	**	—	—
				M	—	—	—	—	—	—
					Spring		F	—	—	—
							M	—	—	—

—: Not significant.

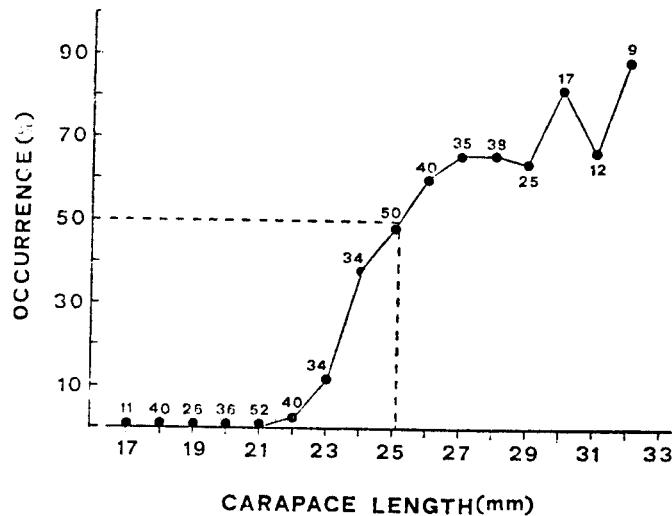
\*: Significant ( $p < 0.05$ ).\*\*: Highly significant ( $p < 0.01$ ).

圖7 外游雄熊蝦之帶精莢出現率與頭胸甲長之關係, 圖內數字為採樣尾數 (1985年11月至1987年4月)

Fig. 7. The rate of occurrence of male *P. semisulcatus*, by carapace length, with spermatophore sampled from Dapong Bay from November 1985 to April 1987. (Number indicates sample size).

息約 2~3 個月, 於 6~8 月成長至頭胸甲長 22 mm, 體重 8 g 左右, 開始向海洄游加入成蝦資源。

有關對蝦類由河口、內灣水域向海洄游之機制, 已有不少研究報告<sup>(13-24)</sup>, 從溫度、鹽度、降雨、潮汐、月齡等方面加以探討, 不過, 因地域、種類而有不同的結論, 顯示影響外游的因子頗為複雜。5~6 月與 8~9 月為大鵬灣地區之雨季 (Fig. 4)。2~4 月大鵬灣口之水溫由 25°C 左右逐漸上升至 28°C 左右, 鹽度維持在 27‰ 左右; 5~6 月, 水溫達 30°C 左右, 但鹽度驟降至 15‰ 左右; 7~9 月, 水溫維持在 30~31°C, 鹽度升至 19~23‰; 10~1 月, 水溫遞降至 22°C, 鹽度則維持在 30~31‰。以上為前報<sup>(1)</sup>指出之大鵬灣水溫與鹽度之月變化梗概。由此可看出, 熊蝦之幼生係於水溫

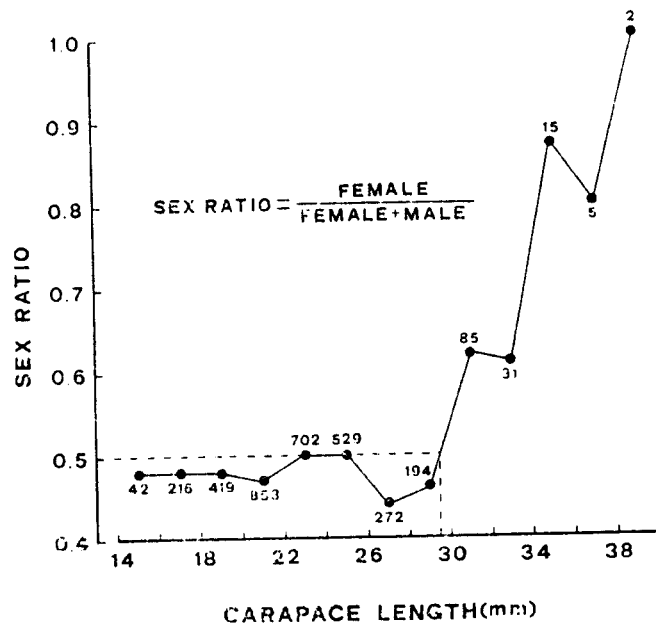


圖 8 外游熊蝦之頭胸甲長別性比變化，圖內數字為採樣尾數 (1984 年 8 月至 1986 年 12 月)  
 Fig. 8. Sex ratio, by carapace length, of *P. semisulcatus* sampled from Dapong Bay from August 1984 to December 1986 (Number indicates sample size).

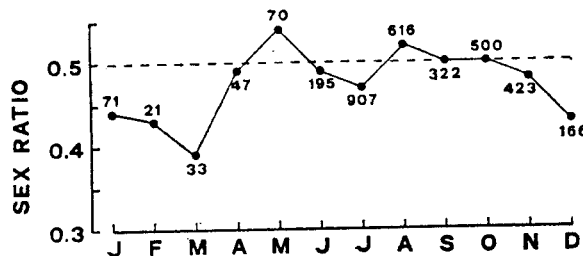


圖 9 外游熊蝦之月別性比變化，圖中各點旁之數字為採樣尾數 (1984 年 8 月至 1986 年 12 月)  
 Fig. 9. Sex ratio, by month, of *P. semisulcatus* sampled from Dapong Bay from August 1984 to December 1986 (Number indicates sample size).

漸昇、鹽度略降時期進入大鵬灣，接着雨季之低鹽期留在灣內，於水溫和鹽度略昇時即大量向海洄游，而部份於水溫遞降鹽度高時再陸續游出。上述事實顯示 5~6 月之雨季會引起灣內海水鹽度低降，不過，未促使熊蝦外游，但是 7~8 月，幼蝦長至頭胸甲長 22 mm，體重 8 g 左右時，却發生大量外游。同灣之草蝦新生羣亦於 7 月大量外游，這些外游蝦之頭胸甲長與體重亦分別為 22 mm 與 8 g 左右。此種現象或許表示此時灣內之環境條件不適於此等體型之草蝦與熊蝦棲息，因此需向海洄游，但也有可能是其他因素使然，不過，二種蝦不約而同地向海洄游，這種現象的發生由於前因導致之可能性較大。至於外游盛期後仍然留在灣內之熊蝦，大多於冬季前亦游出，則可能係水溫低降使然。不過，以上各點均有待進一步之研究。其次，1986 年 8 月 20 日韋恩颱風來襲 1~2 日後，有大量的熊蝦外游 (Fig. 2)，顯示颱風引起灣內環境之激變，迫使熊蝦外游。又，熊蝦之外游羣高峯大多於新月或滿月時出現 (Figs. 1 & 2)，同灣之草蝦外游羣高峯則於新月或上弦時出現<sup>(1)</sup>，顯示熊蝦與草蝦對月齡有不同之反應。

體長與體重關係可作為肥滿度之指標。此次獲得之結果得知各季之肥滿度在雌雄間均有顯著的差異 (Table 2)，顯示雌雄蝦之成長模式有顯著不同。而季節間之比較，則僅於雌蝦在冬季與其他季節

間有顯著的差異 (Table 3)，此項結果意味着春、夏、秋季之大鵬灣環境變化不大，因此，未對熊蝦之肥滿度造成顯著影響。

此次調查期間採得之外游雌熊蝦，都未達成熟階段，但其中一部份已達最初成熟體型 (Biological minimum size)，亦即頭胸甲長達 28 mm<sup>(12)</sup> 以上 (Fig. 5)，又，蘇和廖<sup>(12)</sup>發現大鵬灣附近海域產熊蝦之產卵盛期為 2~4 月，因此，灣內環境可能不適於促使雌蝦達到成熟階段。至於外游雄蝦中，頭胸甲長 23 mm 以上者，部份已帶有精莢 (Fig. 7)，顯示促使雌雄蝦成熟所需之環境條件不同，此種現象亦發生於灣內之草蝦<sup>(1)</sup>，唯，草蝦之頭胸甲長在 30 mm 以上者才帶有精莢<sup>(1)</sup>，可見雌性熊蝦之最初成熟體型比草蝦為小。

由性比分析得知，就全部外游蝦而言，性比近於 0.5，亦即雌雄蝦的數量大致相同。但性比在頭胸甲長 30 mm 左右有顯著的變化，頭胸甲長 27~29 mm 者，性比小於 0.5，亦即雌蝦多於雄蝦，頭胸甲長超過 30 mm 者，則性比大於 0.5，亦即雌蝦多於雄蝦 (Fig. 8)。而熊蝦於成長達頭胸甲長 28.7 mm 以上時，雌蝦之成長率較雄蝦為優<sup>(25)</sup>，因此，上述性比之改變，可能係由雌雄蝦間成長率不同所導致。

綜合本研究之結果可看出，大鵬灣似為熊蝦之重要哺育場，主要哺育期為 4~6 月。在灣內長成之熊蝦於 7~12 月向海洄游，加入成蝦資源。因此，將大鵬灣劃定為蝦類資源保育區，落實漁業管理，改善哺育場環境，有效防止水污染，然後有系統地在灣內實施種苗放流，則必能確實提高熊蝦資源的補充量，進而增加沿岸海域之熊蝦資源量，庶幾可邁向栽培漁業之新里程。

### 摘 要

本研究旨在探討大鵬灣產熊蝦之向海洄游生態，結果顯示：

- (1) 洄游期為 7~12 月，盛期為 7~8 月。
- (2) 外游羣之高峯大多於新月或滿月時出現。
- (3) 外游蝦於 5~6 月之雨季過後開始大量向海洄游。
- (4) 外游蝦之體型，2 月時最大，7 月時最小。
- (5) 1~5 月之外游羣主要由體型較大之越冬羣構成；6~8 月者係由體型較小之當年新生羣構成，至於 9~12 月者則由續留灣內之當年羣構成。
- (6) 按季節與雌雄分別估得之體長與體重關係均呈高度顯著之 Allometry 式關係；雌雄間比較，在各季均有顯著差異；季節間比較，則僅於雌蝦在冬季與其他各季間有顯著差異。
- (7) 外游雌蝦均未達成熟，雄蝦則頭胸甲長 23 mm 以上開始帶有精莢。
- (8) 全體外游蝦之性比為 0.4879，亦即雌雄蝦的尾數約略相同，不過，頭胸甲長達 30 mm 以上者，則雌蝦多於雄蝦。

### 謝 辭

本研究係在行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 (NSC75-0209-B056a-01) 項下完成。

研究期間承蒙日本水產大學校青山恒雄校長、東京大學農學部平野禮次郎教授及臺灣大學海洋研究所劉錫江所長之鼓勵。研究進行中獲得臺灣省水產試驗所東港分所陳怡樺小姐、鍾純德小姐、陳昶秀小姐及蔡惠萍小姐多方協助，謹此一併敬致最誠摯的謝意。

### 參 考 文 獻

1. 蘇茂森·廖一久 (1987). 臺灣西南沿岸海域重要經濟蝦類之生態學研究—I。大鵬灣草蝦之向海洄游。臺灣水產學會刊, 14(1), 36-48.
2. 倉田博 (1972). クルマエビ栽培における種苗とその播殖に関する諸原理について。南西海區水研報, 5, 33-75.

3. PRICE, A. R. G. and D. A. JONES (1975). Commercial and biological aspects of the Saudi Arabian Gulf shrimp fishery. *Bull. Mar. Res. Cent., Saudi Arabia*, 6, 1-48.
4. PRICE, A. R. G. (1979). Saudi Arabian Gulf shrimp resource. *Proc. Saudi Biol. Soc.*, 3, 293-302.
5. TOM, M., A. SHLAGMAN and C. LEWINSOHN (1984). The benthic phase of the life cycle of *Penaeus semisulcatus* de Haan (Crustacea Decapoda) along the southeastern coast of the Mediterranean. *PSZNI Mar. Ecol.*, 5, 229-241.
6. MOHAMED, K. H., M. EL-MUSA and A. R. ABDUL-GHAFFER (1981). Observation on the biology of an exploited species of shrimp, *Penaeus semisulcatus* de Haan, in Kuwait. *Kuwait Bull. Mar. Sci.*, 2, 33-52.
7. STAPLES, D. J., D. J. VANCE and D. S. HEALES (1985). Habitat requirements of juveniles penaeid prawns and their relationship to offshore fisheries. In P. C. Rothlisberg, B. J. Hill and D. J. Staples (eds.) Second Aust. Nat. Prawn Sem. NP2, Cleveland, Australia, 47-54.
8. 池末彌 (1963). 有明海にすけるエビアミ類の生活史, 生態に関する研究。西海區水研報, 30, 124 pp.
9. 倉田博 (1977). クルマエビ。日本水産資源保護協會 (編) 關西國際空港漁業環境影響調査, 224-229, 東京, 日本。
10. 中央氣象局 (1984-1986). 農業氣象旬報。No. 1084-1182.
11. SNEDECOR, G. W. and W. G. COCHRAN (1980). Statistical Methods, Seventh ed. Iowa State Univ. Press, 507 pp.
12. 蘇茂森・廖一久 (1987). 臺灣西南沿岸海域重要經濟蝦類之生態學研究—IV。草蝦、熊蝦、砂蝦之成熟與產卵。臺灣水產學會刊 (投稿中)。
13. PULLEN, E. J. and W. L. TRENT (1969). White shrimp emigration in relation to size, sex, temperature and salinity. *FAO Fisheries Reports*, 57, 1001-1014.
14. TRENT, W. L. (1967). Size of brown shrimp and time of emigration from the Galveston Bay system. *Texas. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 19, 7-16.
15. RACEK, A. A. (1959). Prawn investigations in eastern Australia. *N. S. W. Bull. Res. State Fish.* 6, 57 pp.
16. DALL, W. (1980). Osmoregulatory ability and juvenile habitat preference in some penaeid prawns. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 54, 55-64.
17. RULLO, N. V. (1973). The influence of rainfall on the distribution and abundance of the school prawn *Metapenaeus macleayi* in the Hunter River region (Australia). *Mar. Biol.*, 23, 221-228.
18. COLES, R. G. and J. G. GREENWOOD (1983). Seasonal movement and size distribution of three commercially important Australian prawn species (Crustacea: Penaeidae) within an estuarine system. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 34, 727-743.
19. STAPLES, D. J. (1980). Ecology of juvenile and adolescent banana prawns, *Penaeus merguensis*, in a mangrove estuary and adjacent off-shore area of the Gulf of Carpentaria. II. Emigration, population structure and growth of juveniles. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 31, 653-665.
20. STAPLES, D. L. (1985). Modelling the recruitment processes of the banana prawn, *Penaeus merguensis*, in the southeastern Gulf of Carpentaria, Australia. In: P. C. Rothlisberg, B. J. Hill and D. J. Staples (eds.) Second Aust. Nat. Prawn Sem. NPS2, Cleveland, Australia. 175-184.
21. COPELAND, B. J. (1965). Fauna of the Aransas Pass Inlet, Texas. I. Emigration as shown by tide trap collections. *Publications of the Institute of Marine Science, University of Texas, Port Aransas, Texas*, 10, 9-21.
22. IVERSEN, E. S. and C. P. IDYLL (1960). Aspects of the biology of the Tortugas pink shrimp, *Penaeus duorarum*. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 89, 1-8.
23. FUSS, C. M. Jr. (1964). Observations on burrowing behavior of the pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*, 14, 62-73.
24. IDYLL, C. P., E. S. IVERSEN and B. YOKEL (1965). Abundance of juvenile pink shrimp in the Everglades National Park nursery grounds. *United States Fish and Wildlife Service, Circular*, 230, 28-29.
25. LIAO, I. C. and N. H. CHAO (1987). Preliminary report on the culture of three new candidates for prawn farming in Taiwan—*Penaeus semisulcatus*, *P. brasiliensis* and *P. penicillatus*. Presented at the 18th annual meeting of the World Aquaculture Society, Guayaquil, Ecuador, 18-23 January, 1987.