

太魯閣國家公園砂卡礑溪臺灣絨螯蟹之生物學研究

Biology of the Mitten Crab *Eriocheir formosa*

(Crustacea:Decapoda) in the Shakatang Stream of the

Taroko National Park

指導教授：陳天任博士、游祥平博士

研究生：陳均輝

內政部營建署太魯閣國家公園管理處

中華民國八十七年六月

太魯閣國家公園砂卡礑溪臺灣絨螯蟹之生物學研究
Biology of the Mitten Crab *Eriocheir formosa*
(Crustacea:Decapoda) in the Shakatang Stream of the
Taroko National Park

指導教授：陳天任博士、游祥平博士

研究生：陳均輝

內政部營建署太魯閣國家公園管理處
中華民國八十七年六月

謝辭

本論文承蒙恩師陳天任教授及游祥平教授悉心指導才得以完成，僅致上由衷的感謝。

論文撰寫期間蒙星加坡大學生物系 senior lecturer K.L. Ng Ph.D、香港中文大學生物系朱嘉濠博士及清華大學生命科學系副教授曾晴賢博士等學者細心斧正並提供寶貴的意見，本校漁業系副教授劉光明博士在生物統計上的指導、施志昀博士在幼苗鑑定的協助，吾人銘感五內，在此致上由衷的謝忱。

研究期間，幸得太魯閣國家公園保育課鄒月娥學姊及陳顧淋先生的全力協助，本研究才得以順利完成。學長洪明仕在實驗設計方面多所建議，學姊林鳳嬌在統計軟體操作上的協助，李伯雯、學弟吳書和、學妹陳麗秋及楊倩惠在野外採集上不辭辛苦地大力幫忙，特此表達最誠摯的謝意。

最後仍要感謝家人於精神、物質方面的支持與不時的關心。

目錄

摘要.....	1
前言.....	3
材料與方法.....	5
一、標本採集.....	5
二、環境因子測量.....	5
三、標本處理.....	6
四、資料處理.....	7
結果.....	11
一、CPUE.....	11
二、性比.....	11
三、生殖腺成熟指數(GI).....	12
四、體型組成.....	12
五、相對成長.....	13
六、性成熟體型.....	17
七、環境因子的變動及其對 CPUE 的影響.....	18
八、標示放流.....	18
九、蓄養.....	20
討論.....	21
一、CPUE.....	21
二、性比.....	21
三、生殖腺成熟指數(GI).....	22
四、體型組成.....	22
五、相對成長.....	23
六、性成熟體型.....	24
七、環境因子的變動及其對 CPUE 的影響.....	25
八、標示放流.....	26
九、蓄養.....	27
參考文獻.....	29
圖表.....	Figs. 1~31
圖版.....	Pls. 1~7

摘要

臺灣絨螯蟹俗稱青毛蟹，為臺灣特有的種類(Chan *et al.*, 1995)，僅分佈於臺灣東部從宜蘭到屏東的大小溪流中。絨螯蟹屬具有特殊的降海迴游(catadromous)行為，而臺灣絨螯蟹除具有高經濟價值之外，其生殖季節主要在春夏交際的時候，與其它同屬的種類不同，值得加以深入研究。太魯閣國家公園為臺灣東部唯一的國家公園，其境內環境破壞與人為捕捉的壓力對於臺灣絨螯蟹的影響較小，而其中以砂卡礑溪的臺灣絨螯蟹數量最多，所以選定砂卡礑溪為調查地點，詳細調查臺灣絨螯蟹的生物學特性，且調查的結果可以作為日後太魯閣國家公園在臺灣絨螯蟹保育的工作上之基本參考資料。

本研究自 1997 年 1 月到 1998 年 6 月共捕獲臺灣絨螯蟹 853 尾，其中雄性 219 尾，最大體型為 Cw 75.5mm，雌性 634 尾，最大體型為 Cw 64.8mm，雌雄性比約為 2.89:1。較上游雄性的平均體型為 Cw 52.7mm，雌性為 Cw 48.2mm，較中游雄性的平均體型為 Cw 46.7mm，雌性為 Cw 44.1mm，較下游雄性的平均體型為 Cw 46.4mm，雌性為 Cw 43.0mm，愈往上游體型愈大，且雄性體型大於雌性。雄性所佔的比例也增加(較下游為 16.88%，較中游為 25.39%，較上游為 33.33%)，但仍以雌性為優勢。從各測站不同月份之體型組成及生殖腺成熟度變化，可見臺灣絨螯蟹有明顯的生殖迴游行為，其目的是為了繁衍後代，主要分佈於上游地區的大蟹(Cw 50mm 以上)其生殖腺在三月時逐漸成熟，其中雌蟹之最小有卵巢發育的體型為 Cw 41.3mm，至五月時生殖腺飽滿(St. 3 雌蟹 GI 達 1.72，St. 2 雄蟹 GI 達 0.28)便由雌蟹開始先下海，六月時在海中完成交配、產卵，在七月時於河口處可以發現大量的大眼幼體，至變成稚蟹時便完全進入淡水的環境一邊往河的上游移動，一邊成長。將

採到的大眼幼體於實驗室中飼養，約二天後均變成稚蟹，每十天測量一次稚蟹的體型，求得頭胸甲寬與成長天數的迴歸方程式為 $Cw = 3.47 \times 10^{-2} \text{ Days} + 2.81$ ($r=0.97$, $n=13$)，以此方程式估算最大體型 Cw 75.5mm 約有五年以上的壽命。

以頭胸甲寬與其它形質(體重、頭胸甲長、額寬、體高、腹節長及寬、螯長及螯高)做相關性測試發現其相關性均相當高(F-test: $r>0.8$, $P<0.001$)，且除了頭胸甲寬對額寬的關係沒有雌雄的差異之外，其餘形質均有顯著的雌雄差異性($P<0.001$)。以成熟臺灣絨螯蟹的頭胸甲寬做頻度分析求出雄性 50%性成熟體型為 Cw 53.6mm、雌性為 Cw 49.5mm，最小性成熟體型雄性為 Cw 38.5mm、雌性為 Cw 40.1mm，生殖腺有發育的最小體型雄性為 Cw 35.52mm、雌性為 Cw 41.3mm。

另外亦於 1997 年 3 月至 7 月進行標示放流，將直徑 0.5mm、長 4.5cm 之塑膠標籤打入臺灣絨螯蟹頭胸甲與腹節交接處，但發現再次捕獲的個體其標籤掉落的情形十分嚴重，於是在 1998 年 1 月開始進行另一次的標示放流的實驗，此次是將軟質標誌(soft vinyl tags)打入臺灣絨螯蟹的腹節內面，共計標記了 179 尾，利用捉放法(capture-recapture)估計臺灣絨螯蟹在砂卡礑溪的族群數量約為 700-1000 尾之間，並且發現被標示的個體有脫殼成長的現象，但尚未發現有移動的情形。而飼養於實驗室中的臺灣絨螯蟹只發現有兩尾雌蟹脫殼的記錄，然而與野外的脫殼記錄相比(由 Cw 34.9mm 成長至 Cw 39.4)，相似體型的個體有相近的成長幅度(約 Cw 4.5mm)。

前言

臺灣絨螯蟹 *Eriocheir formosa*, Chan, Hung and Yu, 1995 在分類上屬於甲殼類十足目 (Crustacea: Decapoda)、方蟹科 (Grapsidae)、弓蟹亞科 (Varuninae)、絨螯蟹屬 (*Eriocheir*)，即臺灣東部聞名的“青毛蟹”，以前都被誤認為直額絨螯蟹 *E. recta* (Stimpson, 1858)，後經 Chan *et al.*, (1995) 的研究證實臺灣的青毛蟹實為臺灣特有的種類，並重新訂名為臺灣絨螯蟹，臺灣絨螯蟹僅分佈於臺灣東部從宜蘭到屏東之間的大小溪流中，尤以宜蘭南澳溪最為有名。臺灣絨螯蟹是一種會為了交配及產卵而由其棲息生活的淡水河川遷移到海中 (catadromous) 的甲殼類動物，成熟的臺灣絨螯蟹在生殖季節(約為春夏交際之時)降海完成交配及產卵，孵化後經5期的蚤狀幼體期、大眼幼體期之後成為稚蟹並開始回溯到淡水河川中 (Shy and Yu, 1992)。

因為臺灣絨螯蟹生活在乾淨沒有污染的溪流中，且沒有寄生蟲的發現記錄，所以食用的人口也越來越多，經濟價值頗高。近年來因東部快速發展，加上人為過度地捕捉及環境破壞而使得臺灣絨螯蟹的族群數量快速減少。

目前在臺灣有分佈的絨螯蟹除了臺灣絨螯蟹之外，還有日本絨螯蟹，只分佈於臺灣西部，兩者分佈區域分明，僅於臺灣北部少部份地區有共同分佈(洪等, 1992; Chan *et al.*, 1995)。有關於臺灣絨螯蟹的研究主要為幼苗繁育 (Shy and Yu, 1992)、分類(洪等, 1992; Chan *et al.*, 1995) 及族群動態等(洪, 1993)，報告數量不多，尤其以生物學方面的研究最少，且其具有相當高的經濟價值，同時又是臺灣本土特有的物種，因此值得加以研究探討。

東部目前只有一個國家公園即太魯閣國家公園，由於砂卡礑溪位於太魯閣國家公園內，環境破壞與人為捕捉的壓力較小，且以砂卡礑溪的臺灣絨螯蟹數量最多，所以選定砂卡礑溪為調查地點，且調查的結果可以作為日後太魯閣國家公園在臺灣絨螯蟹保育的工作上之基本參考資料。

本研究主要針對臺灣絨螯蟹的生物學特性如相對成長、性比變動、體型大小組成及成熟體型等方面做探討並推估實際降海迴游的時間及體型，並與洪, 1993在南澳溪的研究做比較討論是否在不同的地區環境會表現出不同的生物學特性。另外也進行標示放流的研究，以實際計測族群數量及追蹤族群的移動情況，同時也在實驗室中蓄養觀察，記錄其脫殼成長情形，計算其成長率等，從而深入瞭解臺灣絨螯蟹的基本生物學特性。

材料與方法

一、標本採集：

(1)採集地點：

採集的地點主要位於太魯閣國家公園園區內臺灣絨螯蟹數量較多的砂卡礑溪，在砂卡礑溪及立霧溪河口共設四站，其中 1-3 站各站間的距離約二公里，分別設於砂卡礑溪的中游處，中游到與立霧溪交會口的中點處及與立霧溪的交會口處，第四站則設於立霧溪的出海口處，與第三站相距約六公里(Fig. 1)，由於立霧溪的河口相當寬闊，其真正的出海口位置常會因水量突增而改變，故第四站的位置是以當時的出海口為主。

(2)採集時間：

自 1997 年 1 月至 1998 年 6 月共 18 個月的時間，每月各站均採集一次。

(3)採集方法：

採集的方法主要使用誘捕法。於每站各設置兩種籠具，一種為長 36cm、直徑 16cm 之白色圓筒狀塑膠材質籠具(Pl. 1)，另一種為長 60cm、寬 45cm、高 20cm 之黑色長方體形狀籠具(Pl. 2)，兩種籠具均使用相同的餌料，每站各至少設置一大一小共兩個，於下午的時間進行籠具的設置工作，隔天早上收回，間隔時間約 16-18 個小時。

二、環境因子測量：

對各站進行採集的同時亦進行水溫和流速的測量工作，其中水溫以一般之液溫溫度計測量，流速以 General Oceanics 製造的 2030R 流速計測量。另外有關降雨量、氣溫及日照長度則以向中央氣象局購買之花蓮氣象站(北緯 23°58'37"10, 東經 121°36'17"98)的資料為主。

三、標本處理：

標本的處理方式分為兩部份，即帶回實驗室處理及在野外處理後放流或標示放流。

(1)實驗室處理：

a.形質測量：

在野外採得的標本除放流外，其餘均帶回實驗室中進行各種形態形質之測量，項目包括頭胸甲長(Carapace length, Cl)、頭胸甲寬(Carapace width, Cw)、額寬(Frontal width, Fw)、體高(Body depth, Bd)、雌性第四腹節寬(Aw4f)、雄性第三腹節寬(Aw3m)、腹節長(Abdomen length, Al)、左螯足掌節長(Chl)及左螯足掌節高(Chh)等與長度有關的形質，利用數字顯示型游標尺進行測量。另外與重量有關的形質包括體重(Body weight, Bw)、生殖腺重(Gonad weight, Gw)，其中在野外僅利用吊秤測量體重的部份，在實驗室中則針對各種重量形質以電子天平進行測量。

b.蓄養：

將自野外採得的部份活體帶回實驗室中以淡水飼養，蓄養前先行測量各種形質以計算其脫殼率及脫殼前後體型大小重量的改變。

另外於出海口處捕捉到的大眼幼體(megalopa)亦以淡水蓄養，自變態成稚蟹(juvenile)後開始記錄其脫殼率及脫殼前後體型大小的改變。

(2)野外處理：

除必須於實驗室中進行的測量與實驗所需的標本之外，其餘採集到的標本均在測量完成之後於原採集處放回溪流中。

另外亦於1997年3月至7月進行標示放流，將直徑0.5mm、長4.5cm之塑膠標籤打入臺灣絨螯蟹頭胸甲與腹節交接處(Pl. 3)，但發現再次捕獲的個體其標籤掉落

的情形十分嚴重，於是在 1998 年 1 月開始採用另外一種標示方法在 1-3 站進行標記放流的實驗，將採到的活體標本利用注射器(injector)將螢光數字軟質標誌(soft vialpha tags)打入臺灣絨螯蟹的腹節內面膜與殼之間(pl. 4)，每隻均有不同的編號，藉以追蹤其移動情形及估計族群數量。

四、資料處理：

每月所得的形質與環境因子的資料均輸入電腦，利用軟體進行統計分析及圖表繪製。其中 CPUE、性比與體型組成的分析依據 1997 年 1 月至 1998 年 6 月的資料，而生殖腺成熟指數、性成熟體型、環境因子分析及相對成長則以 1997 年 1 月至 1998 年 1 月當中之有效資料做處理，關於族群量之推估是以 1998 年 3 月底連續四天標示放流、再捕的資料來作計算。以下列出各項資料處理的方法與目的：

(1)計算 CPUE(capture per unit effort)：

CPUE 的意義為每單位努力量所捕獲的標本數 (Sumpton, 1990、Kobayashi and Matsuura, 1995)，在本研究當中以一大籠及一小籠為一基本單位來進行計算，比較各站 CPUE 的變化情形進而推估族群數量的變化狀況。

(2)性比：

以所採得的所有標本列入雌雄性比的計算，計算的公式為：

$$[\text{雌性個體數} \div (\text{雌性個體數} + \text{雄性個體數})] \times 100\%$$

並以 χ^2 test 檢驗全部標本之性比的適合度、各站及各月份的性比是否有顯著差異。

(3)體型組成：

本研究中以頭胸甲寬(carapace width)為其體型大小的依據，繪出每個測站各月份的體型組成分布圖，藉此瞭解其族群中各種體型大小所佔的比例及不同體型的性比，並藉此推估族群移動的情形。

(4)生殖腺成熟指數(Gonad index, GI)：

用來表示臺灣絨螯蟹生殖腺的發育程度，計算公式為：

$$(\text{生殖腺重} \div \text{頭胸甲寬的三次方}) \times 10^5 \text{ (洪等, 1992)}$$

依此式求出的值愈高，表示生殖腺發育愈趨成熟。

(5)族群移動情況與資源量推估：

依據標記放流的標本之再次捕獲情形推測其移動情況，並依此推算臺灣絨螯蟹在砂卡礑溪的族群數量。在本研究中分別採用以下三種方法來估算族群數量然後討論：

a. Jolly-Seber method(Krebs, 1989)：

$$\hat{N}_i = \frac{X_i}{(x_i/n_i)}$$

$$\hat{X}_i = \frac{m_i A_i}{B_i} + x_i$$

$\hat{N}_i$ ：於 i 時的總族群數量

$\hat{X}_i$ ：於 i 時具有標示的個體數

n_i ：於 i 時所捕獲的總個體數

x_i ：再捕時具有標示的個體數

m_i ： n_i 中重新標示再放流者(m_i 可以等於 n_i)

A_i ：於 i 以前(含 i-1 或更早)的標示個體未在 i 時被捕而是在 i+1 以後才被捕獲的個體數。

B_i ：於 i 時所捕獲的總數中重新標示再放流，又再次被捕獲者。

此法適用於多次放流、多次再捕，並且區分各次標示的放流實驗設計。

b. Petersen method(Krebs, 1989)：

$$\hat{N} = \frac{nX}{x}$$

$\hat{N}$ ：總族群數量

X ：具有標示的個體數

n ：再捕的總個體數

x ：再捕時具有標示的個體數

此法為計算族群數量的方法中最簡單的方法。

c. Schaefer 修正式(Krebs, 1989)：

$$\hat{N} = \frac{(n+1)(X+1)}{x+1} - 1$$

此法主要針對 Petersen method 做修正，適用於當樣本數較小的情況。

(6)相對成長(relative growth)：

以頭胸甲寬(Carapace width)對其他形質分別以統計方式可求出異值成長方程式(allometric growth equation) $Y=BX^a$ ， Y 為頭胸甲寬以外的形質， X 為頭胸甲寬， B 為截距， a 為相關係數，經對數轉換後可得 $\text{Log } Y = \text{Log } B + a\text{Log } X$ ，其中 a 為斜率，當 $a>1$ 時為正異值成長(positive allometry)，當 $a<1$ 時為負異值成長(negative allometry)， $a=1$ 時為等值成長(isometry)(Hartnoll, 1978、

Huber, 1985)。

(7)性成熟體型：

利用 SAS 軟體對雌性臺灣絨螯蟹的頭胸甲寬(Carapace width, Cw)及第四腹節寬(Aw4f)、雄性頭胸甲寬及螯高(Chh)進行聚類分析(Cluster analysis)將資料分成未成熟(immature)、成熟(mature)及二者混合的三群，再以最小平方迴歸法(least-squares regression)分別做出成熟與未成熟兩群資料的直線迴歸方程式，計算混合群中每個資料點各自與兩條迴歸線的殘差，將資料點分別歸入與其距離最短的迴歸線，重新做出新成立的兩個群集之迴歸線，重複進行計算，直到每一個資料點確實被歸到其中一群不再變動為止，將所有的資料均分成成熟與未成熟二群，再以成熟的臺灣絨螯蟹之頭胸甲寬及腹甲寬做出 Logistic 曲線，求出其 50%成熟甲寬(Somerton, 1980)及最小性成熟體型。另外亦觀察生殖腺的發育情形，雄性有白色膨大的生殖腺、雌性有深紫色的生殖腺時可判定為成熟，再求出其性成熟體型。

(8)環境因子對 CPUE 的影響：

利用 SAS 軟體的逐步迴歸(Stepwise)功能進行環境因子分析，藉以瞭解環境因子與 CPUE 的相關性。所採用的環境因子包括有日照長度、月降雨量、採集日前三天的降雨量、採集日當天的降雨量、氣溫、水溫及流速等。

(9)推估成長速率：

在稚蟹部份，以十天測量³一次所得之頭胸甲寬資料與飼養天數做迴歸分析求得其迴歸方程式，並以此推估最大體型之臺灣絨螯蟹之年齡。

在成蟹方面，計算每次脫殼間隔的時間及成長的幅度，以瞭解其脫殼成長的情況。

結果

本研究自 1997 年 1 月至 1998 年 6 月共採獲 853 尾臺灣絨螯蟹，其中雌性 634 尾，雄性 219 尾，另外於 1997 年 7 月時於河口處撈獲大量的大眼幼體(Pl. 5)。茲將結果分以下幾點敘述之：

一、CPUE：

以 CPUE 來看，1997 年前半年(1-6 月)的平均採集量(12.65 ± 4.3 尾)高於後半年(7-12 月)(6.16 ± 1.35 尾)，且以 St. 2 平均每月的 CPUE(8.54 ± 3.19 尾)高於其它兩站(Fig. 2)，顯示 St. 2 有較多的臺灣絨螯蟹分佈。在整個採集過程中除了 1997 年 5 月在 St.1 所得到的標本中雄性(3 尾)多於雌性(1 尾)及 1998 年 4 月在 St. 2 得到雄性(6 尾)多於雌性(2 尾)，其餘均是以雌性個體較多(Fig. 3)，顯示在整個族群中雌性個體是多於雄性。

二、性比：

在所有採到的標本中雌性的數量多於雄性，且比例為 2.89:1(χ^2 test, $P < 0.001$)(Fig. 4)，若以月份來看，1997 年各月份性比大致上均符合雌雄比 3:1($\chi^2 = 4.492$, $P > 0.05$)的比例，而 1998 年 1 月到 6 月則有較大的性比變動，其中以 1998 年 4 月份雌性個體所佔比例最低(52.17%)。

就各種不同體型的臺灣絨螯蟹而言，從頭胸甲寬 Cw 20mm 至 60mm 的範圍中雌性均多於雄性(均超過 50%)，而 Cw 60mm 至 65mm 之間雄性多於雌性(52.17%)，Cw 大於 65mm 以上的標本中均未發現有雌性(Fig. 6)，因此一般而言雄性體型較雌性來得大。

從各站性比的變動情形來看，St.1 自 3 月(83.33%)

開始到 5 月(16.67%)間雌性比例逐漸降低(Fig. 7)，在同時期的 St.2(58.82%~81.82%)及 St.3(66.67%~100%)之雌性比例卻逐漸增加。因此推測臺灣絨螯蟹在降海的過程中應是由雌性先開始往下游移動。

三、生殖腺成熟指數(GI)：

在雌性的個體當中僅在 1997 年 3 月到 5 月能採到卵巢有發育的個體(在 1997 年 1 月僅採得一隻)，由 Fig. 8 發現雌性的生殖腺自 3 月開始逐漸成熟(mean GI=0.28)，到 5 月達到高峰(mean GI=1.38)。3 月時在 St.1 的 GI 值(0.56)高於其它二站，而在五月時在 St.1 已沒有發現生殖腺成熟的雌性個體。

四、體型組成：

在 18 個月當中所採到最大的雄性臺灣絨螯蟹頭胸甲寬為 Cw 75.5mm，最大的雌性個體為 Cw 64.8mm。在 St.1 所採得的個體中有 18%的臺灣絨螯蟹頭胸甲寬在 Cw 55mm 到 Cw 60mm 之間(Fig. 9)，為各站中體型組成較偏向大型者(mean Cw=49.66±11.90mm)，St. 2 的平均頭胸甲寬為 Cw 44.77±10.78mm，St. 3 的平均頭胸甲寬為 Cw 43.58±9.93mm，St. 4 的平均頭胸甲寬為 Cw 43.82±14.23mm，除了 St. 4 的平均頭胸甲寬稍大於 St. 3 之外，臺灣絨螯蟹的體型組成有愈往下游愈偏向小型的趨勢，單以雄性而言，此趨勢相當明顯，St. 1 雄性平均頭胸甲長(Cw 52.72±14.28mm)約為 St. 4 雄性平均頭胸甲長(Cw 36.5±27.32mm)的 1.5 倍，而以雌性而言，St. 4 的平均頭胸甲寬(Cw 47.47±5.92mm)高於 St. 2(Cw 44.13±9.43mm)及 St. 3(Cw 43.02±9.43mm)(Fig. 10)。

1997 年 2 月到 4 月間，St.1 的雄性平均頭胸甲寬由 Cw 57.9mm 成長至 Cw 67.3mm(Fig. 11)，同時期中 St. 2 雄性平均頭胸甲寬由 Cw 44.7mm 成長至 Cw 64.9mm，St.

3 於 2 月時沒有捕捉到雄性個體，但自 3 月(Cw 45.5mm)到 4 月(Cw 57.0mm)也成長了 12.5mm(Fig. 12 and Fig. 13)，到 5 月時除 St. 3 沒有捕捉到雄性個體外，St. 1 與 St. 2 的雄性平均頭胸甲寬分別下降為 St. 1 Cw 55.3mm 及 St. 2 Cw 58.7mm，可見在五月時各站的較大型個體均已往海邊移動。

6 月時雖然因天候因素無法順利採得標本，但在 7 月底時在出海口處撈獲約一百多隻大眼幼體，一直到九月於各站均能捕獲小型個體(Cw 15-30mm)，因此六月至九月應該是臺灣絨螯蟹幼苗孵化上溯的時期。

五、相對成長：

以頭胸甲寬(Cw)對其他形質迴歸分析可知頭胸甲與其他形質間相對成長的情形。本研究以原始資料作分析，依外部形質進行聚類分析所得結果分出成熟與未成熟兩群，並以經對數轉換的資料做共變數分析檢驗(ANCOVA)雌雄在相同形質的相對成長情形是否有差異，若沒有差異則可以合併討論之。茲將各項形質與頭胸甲寬的相對成長情形分述如下：

a. 頭胸甲寬(Cw)與體重(Bw)的關係：(Fig. 14)

以原始資料求得的相對成長方程式

$$\text{male: } Bw = 2 \times 10^{-4} Cw^{3.31}$$

$$(F=3096.46, P<0.0001, R=0.98, n=155)$$

$$\text{mature female: } Bw = 4 \times 10^{-4} Cw^{3.03}$$

$$(F=5302.86, P<0.0001, R=0.98, n=178)$$

$$\text{immature female: } Bw = 4 \times 10^{-4} Cw^{3.06}$$

$$(F=3626.29, P<0.0001, R=0.97, n=298)$$

其中成熟與未成熟雌性在統計上並無顯著差異($F=0.83, P=0.3633$)，故可以合併為

$$\text{female: } Bw = 5 \times 10^{-4} Cw^{2.99}$$

$$(F=18110.23, P<0.0001, R=0.99, n=476) \text{ (Fig. 14)}$$

12a)

而雌雄則在統計上有顯著差異 ($F=97.78$, $P<0.0001$) , 故無法合併討論。

b. 頭胸甲寬(Cw)與腹節寬(Aw)的關係 : (Fig. 15)

以原始資料求得相對成長方程式

$$\text{male : } Aw_{3m} = 5.93 \times 10^{-1} Cw^{0.86}$$

$$(F=392.44, P<0.0001, R=0.86, n=138)$$

$$\text{mature female : } Aw_{4f} = 5.62 \times 10^{-1} Cw^{1.05}$$

$$(F=980.55, P<0.0001, R=0.92, n=180)$$

$$\text{immature female : } Aw_{4f} = 1.24 \times 10^{-1} Cw^{1.40}$$

$$(F=7475.89, P<0.0001, R=0.98, n=299)$$

成熟雌性與未成熟雌性有著顯著的差異 ($F=471.27$, $P<0.0001$) , 無法合併討論 , 且雄性與雌性亦有顯著差異 ($F=2064.91$, $P<0.0001$)。雄性腹節寬對頭胸甲寬為負異值成長 ($t=25.68$, $P<0.0001$) , 而成熟雌性 ($t=32.61$, $P<0.0001$) 與未成熟雌性 ($t=33.25$, $P<0.0001$) 均為正異值成長。

c. 頭胸甲寬(Cw)與腹節長(Al)的關係 : (Fig. 16)

以原始資料求得相對成長方程式

$$\text{male : } Al = 7.96 \times 10^{-1} Cw^{0.92}$$

$$(F=9680.30, P<0.0001, R=0.99, n=138)$$

$$\text{mature female : } Al = 7.29 \times 10^{-1} Cw^{0.98}$$

$$(F=1376.13, P<0.0001, R=0.94, n=180)$$

$$\text{immature female : } Al = 4.18 \times 10^{-1} Cw^{1.11}$$

$$(F=11733.83, P<0.0001, R=0.99, n=299)$$

其中成熟雌性與未成熟雌性具有顯著差異 ($F=164.20$, $P<0.0001$) , 不能合併來討論 , 而雌雄間的差異亦明顯 ($F=800.81$, $P<0.0001$)。在異值成長方面 , 雄性 ($t=15.55$, $p<0.0001$) 與成熟雌性 ($t=35.16$, $p<0.0001$) 為負異值成長 , 未成熟雌性 ($t=27.60$, $P<0.0001$) 則為正異值成長。

d. 頭胸甲寬(Cw)與體高(Bd)的關係：(Fig. 17)

以原始資料求得相對成長方程式

$$\text{male : } Bd = 3.33 \times 10^{-1} Cw^{1.07}$$

$$(F=13003.67, P<0.0001, R=0.99, n=143)$$

$$\text{mature female : } Bd = 2.91 \times 10^{-1} Cw^{1.11}$$

$$(F=3004.95, P<0.0001, R=0.97, n=169)$$

$$\text{immature female : } Bd = 2.81 \times 10^{-1} Cw^{1.11}$$

$$(F=12734.81, P<0.0001, R=0.99, n=280)$$

經由 ANCOVA 分析得到成熟與未成熟雌性有顯著的差異($F=74.82, P<0.0001$)，無法合併討論。在異值成長方面，雄性為正異值成長($t=15.55, P<0.0001$)，而雌性不分成熟($t=35.16, P<0.0001$)或未成熟($t=27.60, P<0.0001$)均為正異值成長。

e. 頭胸甲寬(Cw)與螯長(Chl)的關係：(Fig. 18)

以原始資料求得相對成長方程式

$$\text{male : } Chl = 1.04 \times 10^{-1} Cw^{1.50}$$

$$(F=941.77, P<0.0001, R=0.98, n=42)$$

$$\text{mature female : } Chl = 3.31 \times 10^{-1} Cw^{1.15}$$

$$(F=212.03, P<0.0001, R=0.91, n=44)$$

$$\text{immature female : } Chl = 4.40 \times 10^{-1} Cw^{1.07}$$

$$(F=1847.60, P<0.0001, R=0.98, n=91)$$

在頭胸甲寬與螯長的關係中成熟雌性與未成熟雌性的差異一樣是明顯的($F=7.35, P=0.0076$)，而在不同性別也一樣有明顯差異($F=89.29, P<0.0001$)。在異值成長的關係方面雄性為正異值成長($t=21.87, P<0.0001$)，而雌性不分成熟($t=46.87, P<0.0001$)或未成熟($t=64.81, P<0.0001$)均為正異值成長。

f. 頭胸甲寬(Cw)與螯高(Chh)的關係：(Fig. 19)

以原始資料求得相對成長方程式

$$\text{mature male : } Chh = 3.28 \times 10^{-1} Cw^{1.01}$$

$$(F=287.45, P<0.0001, R=0.98, n=11)$$

immature male : $Chh=5.05 \times 10^{-1} Cw^{0.92}$

($F=3059.41$, $P<0.0001$, $R=0.995$, $n=32$)

mature female : $Chh=2.37 \times 10^{-1} Cw^{1.05}$

($F=76.73$, $P<0.0001$, $R=0.80$, $n=44$)

immature female : $Chh=1.7 \times 10^{-1} Cw^{1.14}$

($F=853.65$, $P<0.0001$, $R=0.95$, $n=91$)

經共變數分析後的結果顯示成熟雄蟹與未成熟雄蟹在蟹高的相對成長關係中有顯著的差異性($F=23.06$, $P<0.0001$)，無法將兩組資料合併討論，然而成熟雌蟹與未成熟雌蟹則沒有顯著的差異($F=0.49$, $P=0.4845$)，可以合併解釋之，合併之後雌性的相對成長方程式為

$$Chh=0.17 \times 10^{-1} Cw^{1.13}$$

($F=1448.9290$, $P<0.0001$, $R=0.96$, $n=135$)

在異值成長方面，成熟雄性為正異值成長($t=11.22$, $P<0.0001$)，而未成熟的雄性為負異值成長($t=16.00$, $P<0.001$)，雌性為正異值成長($t=39.16$, $P<0.0001$)。

g. 頭胸甲寬(Cw)與頭胸甲長(Cl)的關係：(Fig. 20)

以原始資料求得相對成長方程式

male : $Cl=1.03 \times 10^{-1} Cw^{0.98}$

($F=31349.89$, $P<0.0001$, $R=0.98$, $n=146$)

mature female : $Cl=1.11 \times Cw^{0.96}$

($F=6255.57$, $P<0.0001$, $R=0.98$, $n=180$)

immature female : $Cl=9.18 \times 10^{-1} Cw^{1.01}$

($F=35241.53$, $P<0.0001$, $R=0.995$, $n=299$)

結果發現在成熟與未成熟雌性之間有顯著差異性存在($F=10.13$, $P=0.0016$)，而不同性別之間的差異性依然明顯($F=13.05$, $P<0.0001$)，故均不適合於合併解釋。而在異值成長方面，雄性為等值成長(isometry)($t=1.91$, $P=0.058$)，成熟雌性為負異值成長($t=5.50$, $P<0.0001$)，而未成熟的雌性為正異值成長($t=3.25$, $P=0.001$)。

h. 頭胸甲寬(Cw)與額寬(Fw)的關係：(Fig. 21)

以原始資料求得相對成長方程式

$$\text{male: } Fw = 4.53 \times 10^{-1} Cw^{0.88}$$

$$(F=5325.03, P<0.0001, R=0.99, n=144)$$

$$\text{mature female: } Fw = 5.31 \times 10^{-1} Cw^{0.84}$$

$$(F=865.73, P<0.0001, R=0.92, n=169)$$

$$\text{immature female: } Fw = 4.37 \times 10^{-1} Cw^{0.89}$$

$$(F=4880.37, P<0.0001, R=0.97, n=281)$$

結果發現在成熟與未成熟雌性之間沒有顯著的差異性存在($F=4.10, P=0.0434$)，而不同性別之間的差異性也不顯著($F=1.99, P=0.1381$)，所以在頭胸甲寬對額寬的關係中可以將所有的資料合併來解釋，重新做出的相對成長方程式如下

$$Fw = 4.7 \times 10^{-1} Cw^{0.87}$$

$$(F=15072.99, P<0.0001, R=0.98, n=594)$$

檢驗其異值成長的情形是屬於負異值成長($t=74.54, p<0.0001$)。

綜合以上結果，除雄性頭胸甲寬(Cw)對腹節寬(Aw_{3m})及成熟雌性頭胸甲寬對左螯足掌節高(Chh)的相關係數(R)未達 0.90 之外，其餘均達 0.90 以上。

Fig. 13 ~ Fig. 20 是甲寬對其他形質的相對成長圖，發現頭胸甲寬對體重(Bw)、腹節寬(Aw)、腹節長(Al)、甲長(Cl)、體高(Bd)及左螯足高(Chh)的相對成長關係有雌雄差異，其中以頭胸甲寬對腹節寬的關係之性別差異最為明顯(Fig. 14)，且成熟與未成熟的雌性個體分別有不同的兩個相，為明顯的性雙型(sexual dimorphism) (Clayton, 1990)特徵，即成熟雌性的腹節會比未成熟雌蟹的腹節明顯的寬。

另外在甲寬對額寬的相對成長關係中則看不出有雌雄的差異存在(ANCOVA, $p>0.05$)。

六、性成熟體型：

在本研究中，以聚類分析所分出的成熟雌性之 50% 性成熟體型為 Cw 49.5mm(Fig. 22a)，以卵巢有發育的個體所求出的 50%性成熟體型為 Cw 52.4mm(Fig. 22b)。依聚類分析所判定為成熟雌性的個體中最小體型為 Cw 40.1mm；而發現有卵巢發育的最小雌性個體體型為 Cw 41.3mm，在雄性的性成熟體型方面，依聚類分析所判定為成熟雄性的 50%性成熟體型為 Cw 53.6mm(Fig. 23)，其中最小的個體體型為 Cw 38.5mm；發現精巢有發育之雄性最小體型為 Cw 35.5mm。

七、環境因子的變動及其對 CPUE 的影響：

本研究所採用的環境因子包括日照長度、月降雨量、採集日前三天之降雨量、採集日當天降雨量、氣溫、水溫及流速等，Fig. 24~Fig. 30 即各種環境因子與 CPUE 每月份的變動情形。

以 SAS 軟體進行逐步迴歸分析(stepwise)嘗試在這些環境因子當中找出對 CPUE 有影響者，結果發現影響最大的為水溫，其次為採集日前三天的降雨量，而其他因子與 CPUE 的相關性則不顯著。

八、標示放流：

本研究進行放流的目的主要是要透過捉放法(capture-recapture)來估算臺灣絨螯蟹在砂卡礑溪的族群數量，同時也能記錄其移動及成長的情形。

在 1997 年 3 月至 7 月期間進行標示放流，將直徑 0.5mm、長 4.5cm 之塑膠標籤打入臺灣絨螯蟹頭胸甲與腹節交接處，一共標示了 98 尾臺灣絨螯蟹，但發現再次捕獲的個體其標籤掉落的情形十分嚴重，於是在 1998 年 1 月開始使用不同的標示方法進行另一次的標示放流的實驗，且特別於 1998 年 3 月份於 St.1~St.3 共進行了四次標示放流的工作，間隔均為一天，共標記了 140 尾，

分別以 Petersen method、Schaefer 修正式及 Jolly-Seber method 估算族群數量的結果如 Table 1. 所示，其中以 Petersen method 所估計出來的數量最高為 1008 尾，最低為 Jolly-Seber method 的 667 尾。

此次標示放流的過程中捕獲一尾於 1 月時標示的個體且體型已有成長(Table 2)，但尚未發現有移動的情形。

Table 1. 三種利用捉放法(capture-recapture)所估計出來的砂卡礑溪臺灣絨螯蟹之族群數量。

Method	Estimated population amount
Petersen	1008
Schaefer's modification	783
Jolly-Seber	897(29/3/1998) 667(30/3/1998)

Table 2. 於野外發現的臺灣絨螯蟹³成長情形。

Tagging station	Tagging date	Recapture station	Recapture date	Sex	Cw (mm)	Cl (mm)	Tag No.
St. 2	6/1/1998	St. 2	28/3/1998	Female	34.9	33.1	A90
					39.4	37.4	

九、蓄養：

在稚蟹(juvenile)的蓄養實驗部份，從 1997 年 8 月開始每十天測量一次，記錄了 13 次共 126 天，Fig. 31 為臺灣絨螯蟹稚蟹的成長情形，每一個資料點代表所有受測個體的平均值，所求出的簡單迴歸方程式為：

$$Cw=3.47\times 10^{-2}Days+2.81(r=0.97, n=13)$$

若以此式來推估，本研究所採獲的最大體型個體 Cw 75.0mm 應該已有 5.7 年的年齡。

在成蟹(Cw 10mm 以上)的蓄養方面，共記錄到兩尾雌性臺灣絨螯蟹脫殼的記錄(Table 3)，這兩尾臺灣絨螯蟹同時於 1997 年 8 月自野外帶回蓄養，其中體型較小的個體(Cw 27.37mm)在經過 5 個月之後第一次脫殼，成長了 Cw 6.29mm，另一尾體型較大者(Cw 37.85mm)則經過 7 個月之後才脫殼，成長了 Cw 4.50mm。

Table 3. 於實驗室中飼養的臺灣絨螯蟹之脫殼情形，開始飼養的日期為 9/8/1997。

Exuvial date	Sex	Cw (mm)	Cl (mm)	Aw (mm)	Al (mm)
2/18/1998	Female	27.37	26.41	12.16	16.45
		33.66	31.50	15.80	20.68
4/20/1998	Female	37.85	36.94	20.91	24.67
		42.35	40.67	29.22	28.93

一、CPUE

由於本研究中各站所設置的籠具數目不等，因此若單以採集量來做比較則容易有偏差，而採用 CPUE 可以避免此一問題。另外，雖然 CPUE 不能直接代表族群的密度，但 CPUE 的增加與減少可視為族群密度變動的直接反應 (Kabayashi and Matsuura, 1995)，因此可以依 CPUE 來推估族群的變動情況。

由於 3-6 月為臺灣絨螯蟹的繁殖季節，因此上半年有較高的採集量可能是因為活動增加且需要更多的食物以提供生殖腺發育所需的能量，而增加了被捕捉的機會。

從結果中發現 St. 2 的 CPUE (8.54 ± 3.19) 高於其他兩站，St. 1 (5.63 ± 1.80) 小於 St. 3 (7.77 ± 3.83) (Fig. 2)。同屬的日本絨螯蟹 (*E. japonicus*) 則是愈往上游 CPUE 愈小 (Kabayashi and Matsuura, 1995)，由於 St. 2 是一般遊客比較不會到達的點，而 St. 3 易受到遊客的干擾且附近有工程持續在進行，因此推測 St. 3 的採集量偏低應該與人為的干擾有較大的關係。

本實驗採用二種不同籠具來捕捉臺灣絨螯蟹，經 Mann-Whitney Rank Sum test 的結果顯示小型籠具有較好的效果 ($P < 0.001$)。本研究中所使用的大型黑色籠具為兩端均有開口，且因為體積大，容易受水流影響而變形，而使得捕捉的效果變差。

二、性比

在所採到的標本中，臺灣絨螯蟹的雌雄性比大約為 3:1，且各月份間的性比並沒有顯著的差異性 ($\chi^2 = 21.95$, $P = 0.19$)，這樣的結果與洪, 1993 的結果一致，然而各站間的性比有顯著差異 ($P < 0.01$)、雌性的比例均超過 50%。但越往上游雄性的比例也跟著增加。由於測站的

設置最遠大約只達砂卡礑溪的中游，故上游的性比我們便無從得知，不過依此趨勢來看應會以雄性為主(male bias)。日本絨螯蟹的性比變動情形則剛好相反(Kabayashi and Matsuura, 1995)即愈往上游雌性的比例愈高。

臺灣絨螯蟹是一種降海洄游(catadromous)的動物，繁殖季節時成熟個體會自上游往下游移動，當上游的個體往下游移動時，相對便減低了在上游被捕捉到的機會，而在下游被捕的機會則增加(Kabayashi and Matsuura, 1995)。因此若上游雌性比例降低而下游升高。便可以推測此時的雌蟹已經開始往下游移動。在 1997 年 3~5 月時 St. 1 的雌蟹比例降低而 St. 2 及 St. 3 均升高，推測此時應為臺灣絨螯蟹的降海時期，與洪, 1993 的結果比較顯示較南澳青毛蟹降海的時間(2~4 月)略晚。

三、生殖腺成熟指數(GI)：

3 月時在 St.1 的 GI 值(0.56)高於其它二站，而在五月時在 St.1 已沒有發現生殖腺成熟的雌性個體，推測上游的雌性個體在降海的過程中逐漸發育成熟，至五月時上游大部份的成熟雌蟹已遷移至中下游。

雌性臺灣絨螯蟹的 GI 值在 5 月份時達到高峰，雖然在六月時因氣候因素無法順利採得標本，但於七月份並未發現有卵巢發育的雌蟹個體，且在河口處捕獲大量的大眼幼體。由於從產卵到成為大眼幼體需 29 天以上(Shy and Yu, 1992)，所以可以推測 5~6 月是臺灣絨螯蟹卵巢已臻成熟可以進行交配的時間。而同屬的日本絨螯蟹 GI 值則在 11 月達到高峰(Watanabe and Kajiyama, 1987)。

四、體型組成：

臺灣絨螯蟹在各站的體型分佈不分性別均有愈往上游愈大的趨勢(Fig. 9)，但雄性體型仍較雌性大。有關於

日本絨螯蟹的研究也有相似的結論(Kobayashi and Matsuura, 1995)。推測其在上溯的過程中持續地成長，因此愈往上游體型也愈大，最大體型的個體發現於 St. 1，甲寬為 75.5mm。在繁殖季時，上游較大體型個體所佔比例減少，而下游的比例增加(Figs 11~13)可被解釋為是大型個體往下游移動的現象。

在本研究中發現 3 月時開始有遷移的現象，且持續到 5 月，雖然 6 月時因天候因素無法採得標本，不過從 7 月開始到 9 月均能採得小型個體，依此判斷 3 月至 9 月為臺灣絨螯蟹的降海迴游季節，而 6 月應是臺灣絨螯蟹在海中交配繁殖的時期。洪, 1993 的研究顯示青毛蟹在南澳溪的族群有較長的降海迴游時期(1~8 月)。

五、相對成長：

一個主要形質與其它的形質有不同的成長速率，以致於體型也會隨著個體的成長而有不同比例的改變，此即相對成長的意義，甲殼類因為有堅硬的外殼可以方便而準確地測量，而且雌雄、成熟與未成熟的個體其相對成長的情形通常有相當的差異性，因此甲殼類常成為研究相對成長的好材料(Hartnoll, 1978)，也正因為成熟與未成熟的個體有不同的相對成長情形，所以也常被用來做性雙型及性成熟的判定與研究(Haley, 1969；Watson, 1970；Hartnoll, 1974；Somerton, 1980；Finney and Abele, 1981；Preez and Mclachlan, 1984；Jewett *et al.*, 1985；Davidson and Marsclen, 1987；Clayton, 1990；Wolff and Soto, 1992；Kobayashi and Matsuura, 1993；Plaut, 1993；Minagawa and Higuchi, 1997；Tsuchida and Watanabe, 1997)。相對成長方程式 $Y=BX^a$ 及經對數轉換後 $\text{Log } Y=\text{Log } B + a\text{Log } X$ 是最常被用來描述相對成長的情形(Finney and Abele, 1981)，本研究亦採用此二種方式來描述臺灣絨螯蟹的相對成長情形，將標本分成雄性、未成

熟雌性及成熟雌性以頭胸甲寬對其它形質做迴歸分析。除了頭胸甲寬對額寬的相對成長情形沒有性別及成熟與否的差異性，而對其餘的形質而言雌雄則有顯著的差異性。

洪, 1993 的研究中有關異值成長的描述除成熟雌性的腹節寬、腹節長及頭胸甲長對頭胸甲寬的關係與本研究有差異之外其餘均相同，在洪, 1993 中三者對頭胸甲寬的關係均為等值成長，而在本研究中腹節寬為正異值成長，其餘二者均為負異值成長，顯示臺灣絨螯蟹在成熟之後腹節寬的成長較快於頭胸甲寬的成長，與南澳溪的臺灣絨螯蟹族群不同。

六、性成熟體型：

關於甲殼類的性成熟定義主要有以外部形質來判別 (Brown and Powell, 1972 ; Hartnoll, 1978 ; Somerton, 1980 ; Finney and Abele, 1981 ; Watanabe and Kajiyama, 1987 ; Minagawa and Higuchi, 1997 ; Tsuchida and Watanabe, 1997)、生殖腺的發育情形 (Haley, 1969 ; Grey, 1979) 及卵或精英的存在與否 (Jewett and Somerton, 1985) 來判定，尤其以外部形質的相對成長情形來判定最為常用，但此法的缺點在於個體在經過成熟脫殼 (puberty molt) 之後其生殖腺可能尚未發育 (Brown and Powell, 1972)，而檢查生殖腺的發育情況又不易在野外進行並十分耗時 (Somerton, 1980)，本研究以雌性頭胸甲寬與其第三腹節寬的關係進行聚類分析及迴歸分析將雌性個體分為成熟及未成熟兩群，再進行性成熟體型的推估 (Somerton, 1980)，依檢驗卵巢有無發育的結果與電腦所分出成熟、未成熟的結果比對之後發現沒有任何一尾卵巢有發育的臺灣絨螯蟹被歸類到未成熟的群組中，顯示以電腦依外部形質所作的分類可信度很高。

本研究所採用的性成熟估算方法有三種，即 50%性

成熟體型(Watson, 1970; Grey, 1979; Somerton, 1980; Campbell and Eagles, 1983; Jewett and Somerton, 1985)、最小有卵巢發育體型及第一次超過 50%的雌蟹有卵巢發育的月份中之最小成熟體型，第一種方法是利用外部形質來推估，而其它二種方法均是利用觀察卵巢的發育情形來判定。結果顯示同樣以 logistic 曲線求出的 50% 性成熟甲寬不論是以外部形質或是卵巢的發育與否來判斷是否成熟，其值均相當接近，但仍以檢驗卵巢成熟的方法所求出的值偏高，若，以最小性成熟體型來說，所有成熟(利用外部形質做聚類分析)雌性個體中之最小體型為 $CW\ 40.1\text{mm}$ ，而發現有卵巢發育的最小體型為 $CW\ 41.3\text{mm}$ ，兩個值亦十分接近，且仍以後者稍高於前者顯示當臺灣絨螯蟹外部形態已經達到成熟的階段時，其生殖腺可能尚未發育，因此我們才會得到較大的卵巢有發育之標本，而兩者些微的差距可以被解釋為卵巢開始發育的雌性個體在成熟脫殼(puberty moult)之後繼續以不同的成長率脫殼成長，以增加體腔的空間來容納因發育而膨大的卵巢。

洪, 1993 的研究中利用外部形質的異值成長、檢視生殖腺的發育情形及最小自然死亡頭胸甲寬等三種方法來推估最小性成熟體型，結果雄蟹的最小性成熟體型為 $CW\ 45\text{mm}$ ，雌蟹為 $CW\ 35\text{mm}$ 。在本研究中雄性最小性成熟體型小於雌蟹，然而在 50%性成熟體型的比較中雄性則大於雌性，由此看來雄性的成熟體型有較大的差異性。再則雌性的最小性成熟體型大於洪, 1993 的研究中所做的推估，推測是南澳溪的臺灣絨螯蟹的族群受到較大的壓力而使得個體較早成熟，而壓力的來源可能是人為採捕、棲地破壞及食物來源等，另外亦有可能是因緯度的差異所造成。

七、環境因子的變動及其對 CPUE 的影響：

在本研究中所採用的環境因子當中對於 CPUE 影響最大的為水溫，其次為前三日降雨量的總和，而與其他的環境因子均為不顯著。雖然如此，我們仍不能斷言 CPUE 與其他環境因子無關，須知各個環境因子之間都有其相關性，如氣溫會影響到水溫的變化，而事實上兩者的相關係數高達 0.85，所以水溫雖然是影響 CPUE 最大的因素，但其變動可能是許多因子共同作用而非單一因子所造成。

臺灣一年當中主要有兩個雨季，一個是梅雨季節，另一個是颱風季節，尤其臺灣河流多為短而陡峭，雨量稍大就容易使溪水暴漲，除了河川本身之外，對於棲息於其中的生物之影響勢相當大。在整年度的採集過程中，曾有採集日是晴朗的天氣，然而之前卻已經下了數天的雨，溪流的水量及流速仍很明顯地受到影響，為避免忽略此種情況，才將採集前三天的降雨量列入考慮，而結果也顯示採集日前三天的降雨量對於 CPUE 的影響要比月降雨量及當日降雨量來的明顯。

在洪, 1993 的研究當中指出水溫為影響採集量程度最大的環境因子，與本研究結果相符，顯示水溫確是影響臺灣絨螯蟹攝食、活動的一項重要因子。其次在其研究中亦提到月降雨量對於採集量也有影響，然而在本研究中發現採集日前三天降雨量對於採集量的影響力要比月降雨量來得大，由於洪, 1993 並未提到採集日前三天降雨量對採集量的影響，故無從比較，不過由此可知除水溫外雨量也是影響臺灣絨螯蟹活動的重要因子，可能是雨量突會使得河水的流速及濁度增加，使得臺灣絨螯蟹藏匿起來，而使得採集量偏低。

八、標示放流：

有關於標示放流的實驗在甲殼類方面做的比較少 (Fujita and Takeshita, 1979)，主要是因為甲殼類必須要

脫殼才能成長，若要在其身上做上標記且能維持一段長時間又不影響脫殼的進行實非易事。本研究所採用的標示方式於實驗室中並未造成個體的死亡，雖然蓄養於實驗室中的臺灣絨螯蟹在脫殼之後其標示也跟著舊殼脫落，然而在野外的情況卻發現再捕的個體体型有成長，且標示亦還存在，造成這種情形的原因並不清楚，不過至少在被標示的個體脫殼之前標示會留在其體內。

本研究在估計臺灣絨螯蟹族群數量時所使用的三種方法求出的數值均不盡相同，由於本實驗所採用的捉放法為時間間隔相同，多次放流，多次再捕，並且區分每次的放流，與 Jolly-Seber 方法相同，且此法可以容許被測族群有遷出或遷入的情形發生，因此應以此法所推估出來的族群數量最為可靠，然而從結果中發現以此法所估計的族群數量在 29/3/1998 為 897 尾，在 30/3/1998 為 667 尾，相差有 230 尾之多，可能是時間間隔太短所造成的誤差。

另外，本研究所估算出來的族群數量最高僅 1008 尾，似乎偏低，主要原因可能是因為再捕的時間間隔太短，無法使被標記的臺灣絨螯蟹與未被標記的個體有充分的時間混合，而且僅於 St. 1~St. 3 進行標示放流的實驗所估算出來的族群數量並無法代表整個流域的族群，因此造成低估族群數量的情形。

九、蓄養：

甲殼類在不同時期的脫殼次數、成長幅度均會有所不同，故基本上僅利用稚蟹的成長來推估整個生活史中的成長情況並不夠嚴謹，然而成蟹的脫殼不容易觀察到，如本研究中所記錄到的兩尾脫殼成蟹大約養了半年之後才第一次脫殼，而稚蟹脫殼的頻率則較高，較容易觀察及推估。

將在實驗室中所記錄到的成蟹脫殼情形與野外的情

況做比較發現體型相近的個體其成長的幅度也相近。

若以稚蟹的成長來估算此二尾脫殼成蟹與前次脫殼間隔的時間發現體型較小(Cw 33.66mm)的一尾約需半年，而實際上自飼養到脫殼間隔了約五個月，另一尾體型較大(Cw 42.35mm)的約需四個月的時間，但實際上自飼養到脫殼卻花了約七個月的時間，這樣的結果顯示由飼養於實驗室中稚蟹的成長所推估的成長方程式只能合理預測體型小於 Cw 33.66mm 以下的成長情形。

參考文獻

- 洪明仕、何平合、游祥平。1992。淡水毛蟹在臺灣。中國水產月刊。479:9-20。
- 洪明仕。1993。南澳溪直額絨螯蟹族群動態及生物學研究。碩士論文。漁業科學研究所。臺灣海洋大學。1-66 頁。
- Brown, R. B. and G. C. Powell. 1972. Size at maturity in the male Alaskan tanner crab, *Chionoecetes bairdi*, as determined by chela allometry, reproductive tract weights, and size of precopulatory males. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 29:423-427.
- Campbell, A. and M. D. Eagles. 1983. Size at maturity and fecundity of rock crabs, *Cancer irroratus*, from the Bay of Fundy and southwestern Nova Scotia. *Fishery Bulletin*, 81:357-362.
- Chan T.Y., M.S. Hung and H.P. Yu. 1995. Identity of *Eriocheir recta* (Stimpson, 1858) (Decapoda : Brachyura), with description of a new mitten crab from Taiwan. *Journal of Crustacean Biology*, 15:301-308.
- Clayton, D.A. 1990. Crustacean allometric growth: a case for caution. *Crustaceana*, 58:270-290.
- Davidson, R. J. and I. D. Marsden. 1987. Size relationships and relative growth of the New Zealand swimming crab *Ovalipes catharus* (White, 1843). *Journal of Crustacean Biology*, 7:308-317.
- Finney, W. C. and L. G. Abele. 1981. Allometric variation and sexual maturity in the obligate coral commensal *Trapezia ferruginea latreille* (Decapoda, Xanthidae). *Crustaceana*, 41:113-130.

- Fujita, H. and K. Takeshita. 1979. Tagging technique for tanner crab long-term tag. *Bulletin of Far Seas Fisheries Research Laboratory*, 17:223-226.
- Grey, K. A. 1979. Estimates of the size of first maturity of the western rock lobster, *Panulirus cygnus*, using secondary sexual characteristics. *Australian Journal of Marine And Freshwater Research*, 30:785-791.
- Haley, S. R. 1969. Relative growth and sexual maturity of the Texas ghost crab, *Ocypode quadrata* (FABR.) (Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana*, 17:285-297.
- Hartnoll, R. G. 1974. Variation in growth pattern between some secondary sexual characters crabs (Decapoda Brachyura). *Crustaceana*, 27:131-136.
- Hartnoll, R. G. 1978. The determination of relative growth in Crustacea. *Crustaceana*, 34:281-293.
- Huber M. E. 1985. Allometric growth of the carapace in *Trapezia* (Brachyura, Xanthidae). *Journal of Crustacean Biology*, 5:79-83.
- Jewett, S. C., N. A. Sloan and D. A. Somerton. 1985. Size at sexual maturity and fecundity of the fjord-dwelling golden king crab *Lithodes aequispina* benedict from northern British Columbia. *Journal of Crustacean Biology*, 5:377-385.
- Kobayashi, S. and S. Matsuura. 1993. Ecological studies on the Japanese mitten crab *Ericheir japonicus* De Haan-III
Relative growth of the chela and soft-hair distribution on the chela. *Benthos Research*, 45:1-9.
- Kobayashi, S. and S. Matsuura. 1995. Population structure of the Japanese mitten crab *Ericheir japonicus* (De Haan)-clinal variations in size of maturity. *Crustacean Research*, 24:128-136.

- Krebs, C. J. 1989. *Ecological methodology*. Harper & Row, Publishers. New York.
- Minagawa, M. and S. Higuchi. 1997. Analysis of size, gonadal maturation, and functional maturity in the spiny lobster *Panulirus japonicus* (Decapoda: Palinuridae). *Journal of Crustacean Biology*, 17:70-80.
- Plaut, I. 1993. Sexual Maturity, reproductive season and fecundity of the spiny lobster *Panulirus penicillatus* from the gulf of Eilat (Aqaba), Red Sea. *Australia Journal of Marine And Freshwater Research*, 44:527-535.
- du Preez, H. H. and A. McLachlan. 1984. Biology of the three-spot swimming crab, *Ovalipes punctatus* (De Haan), I. morphometrics and relative growth (Decapoda, Portunidae). *Crustaceana*. 47:72-82.
- Shy J. Y. and H. P. Yu. 1992. Complete larval development of the mitten crab *Eriocheir rectus* Stimpson, 1858 (Decapoda, Brachyura, Grapsidae) Reared in the laboratory. *Crustaceana*, 63:277-290.
- Somerton, D. A. 1980. A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37:1488-1494.
- Sumpton, W. D. 1990. Morphometric growth and fisheries biology of the crab, *Charybdis natator* (Herbst) in Moreton bay, Australia (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana*, 59:113-120.
- Tsuchida, S. and S. Watanabe. 1997. Growth and reproduction of the grapsid crab *Plagusia dentipes* (Decapoda : Brachyura). *Journal of Crustacean Biology*, 17:90-97.
- Watanabe, S. and M. Kajiyama. 1987. The maturity of Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* De Haan in Ohbiso river, Chiba. *Researches on Crustacea*, 16:85-91.

- Watson, J. 1970. Maturity, Mating, and egg laying in the spider crab, *Chionoecetes opilio*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 27:1607-1616.
- Wolff, M. and M. Soto. 1992 . Population dynamics of *Cancer polyodon* in La Herradura bay, northern Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 85:69-81.

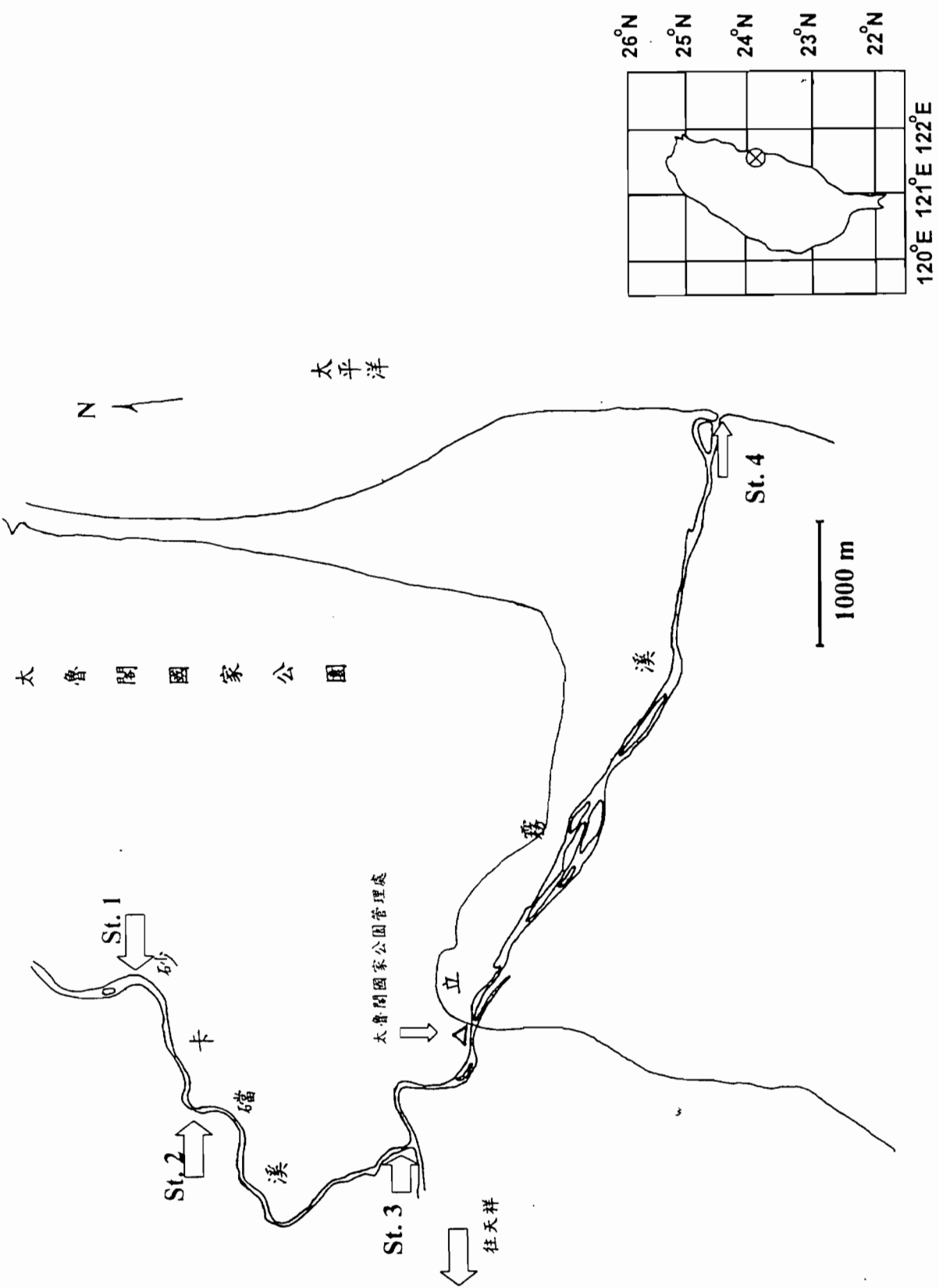


Fig. 1. 測站分佈圖，St. 1~St. 3 位於砂卡礑溪，St. 4 為立霧溪出海口。

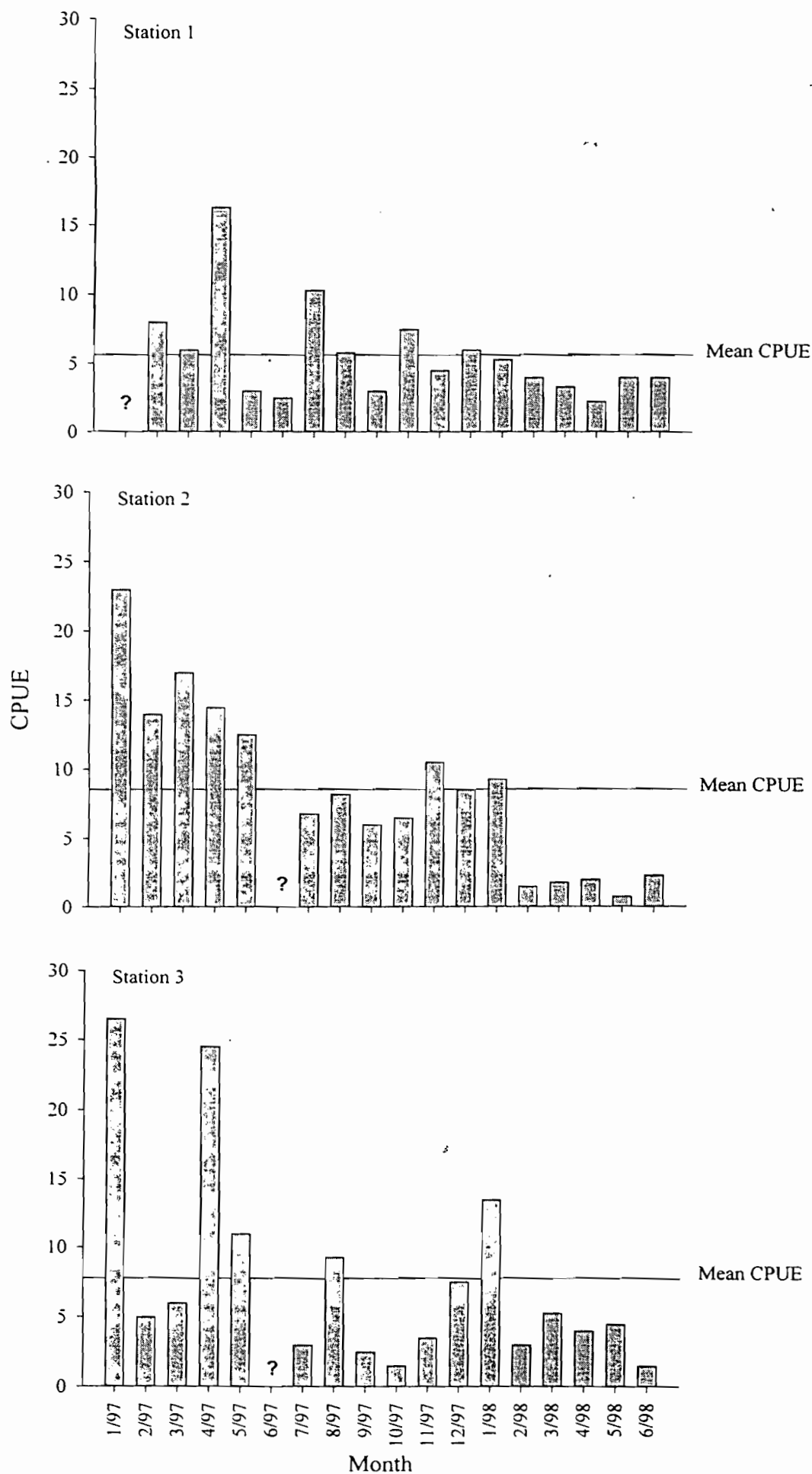


Fig. 2. The CPUE of *Eriocheir formosa* at each station from Jan 97 to Jun 98. Station 2 has the highest mean CPUE value than the other sites. '?' means there is no data on that month.

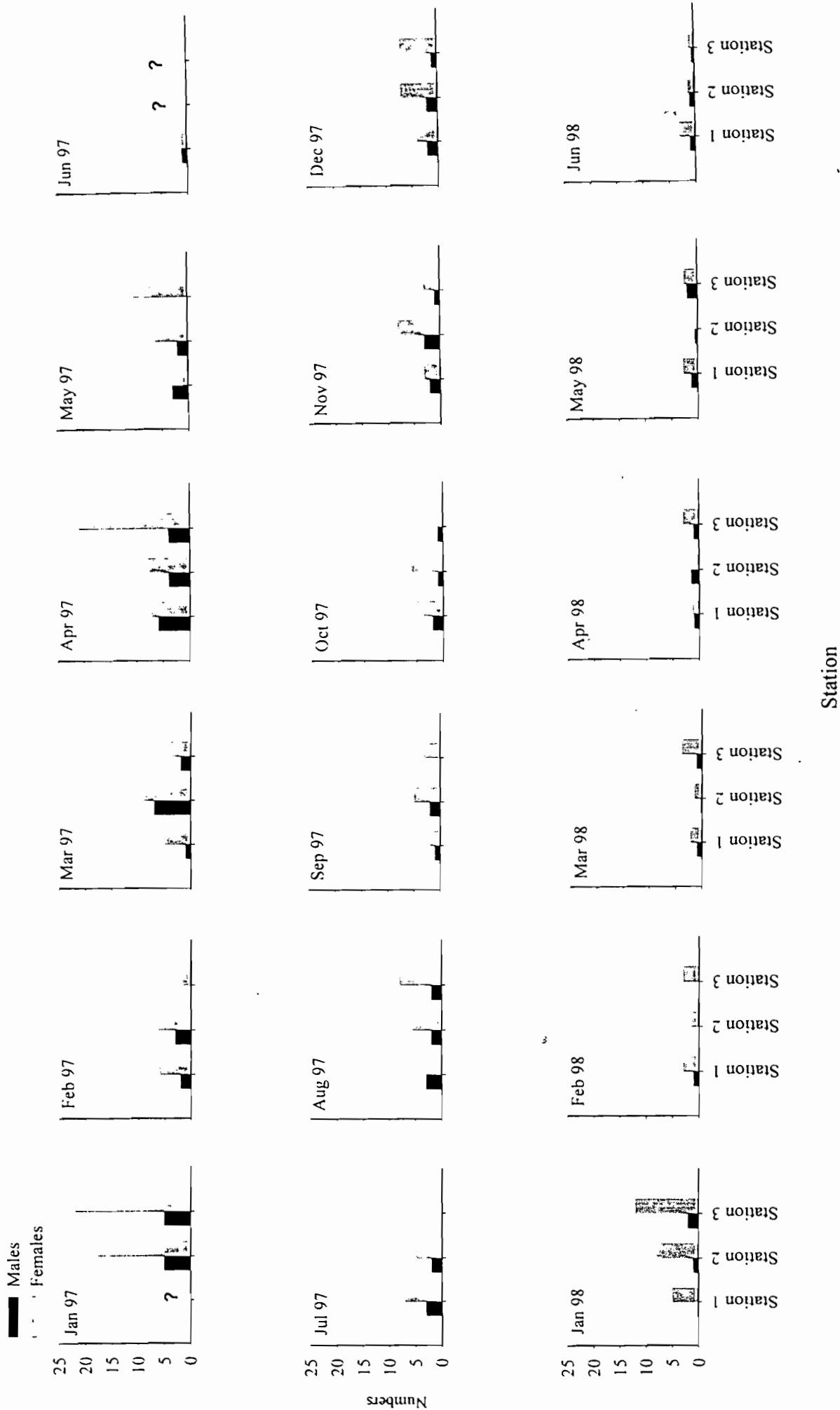


Fig. 3. CPUE of *Eriochelone formosa* collected from Jan 1997 to Jun 1998 at each station.

'?' means there is no data on that month.

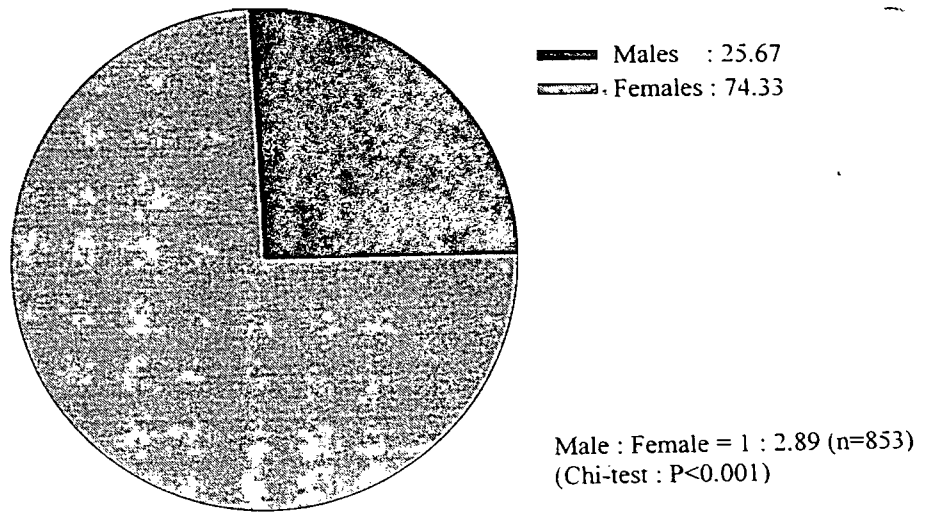


Fig. 4. The sex ratio of *Eriocheir formosa* collected at all stations from Jan 97 to Jun 98.

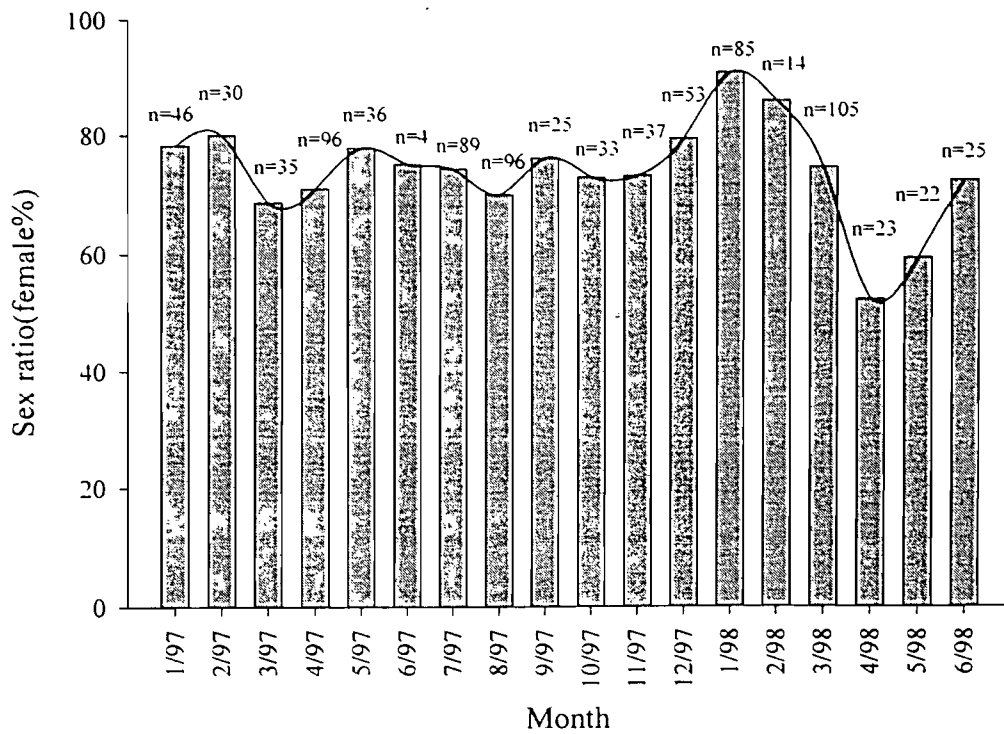


Fig. 5. The sex ratio of *Eriocheir formosa* collected at all stations each month from Jan 97 to Jun 98.

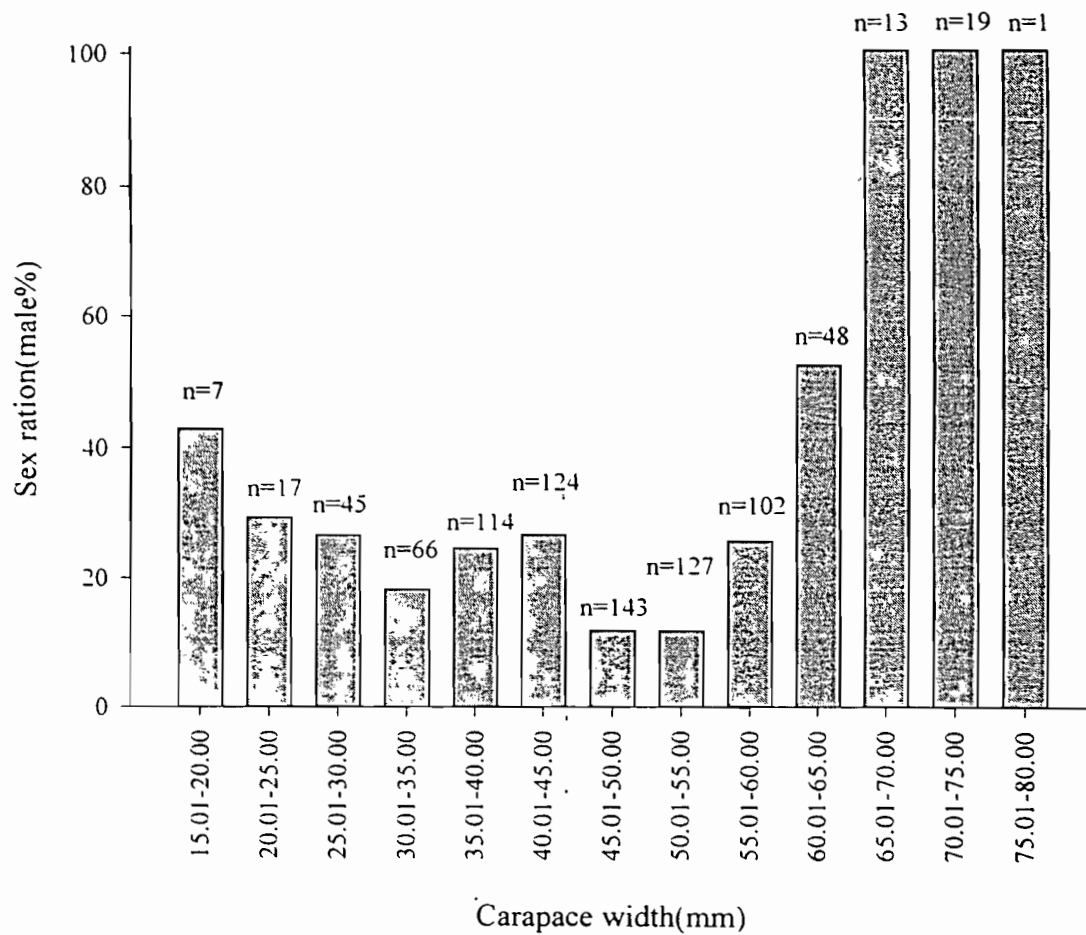


Fig. 6. The sex ratio of *Eriocheir formosa* in each carapace width interval.

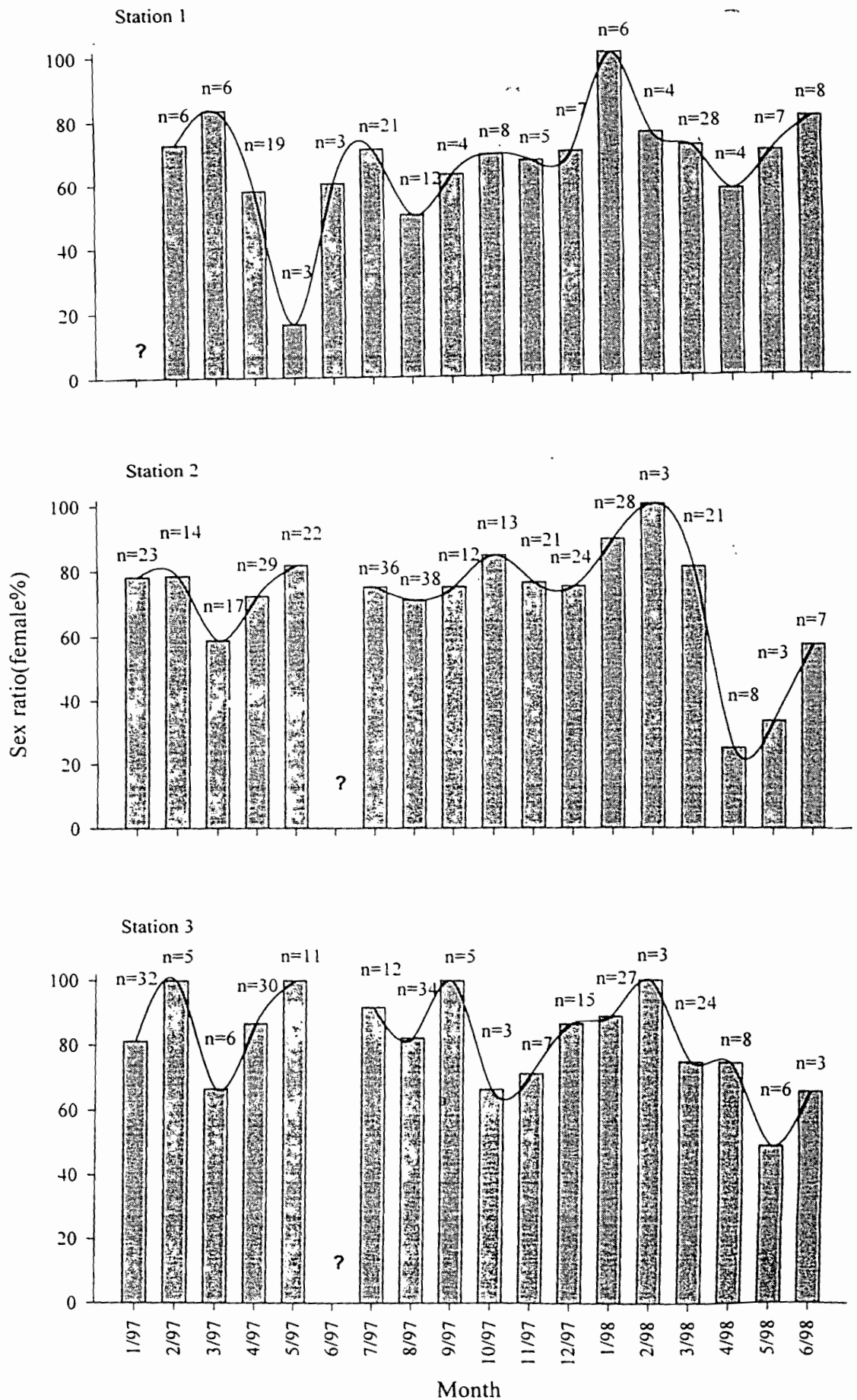


Fig. 7. The sex ratio (female%) of *Eriocheir formosa* collected at station 1 from Jan 97 to Jun 98.

"?" means there is no data on that month.

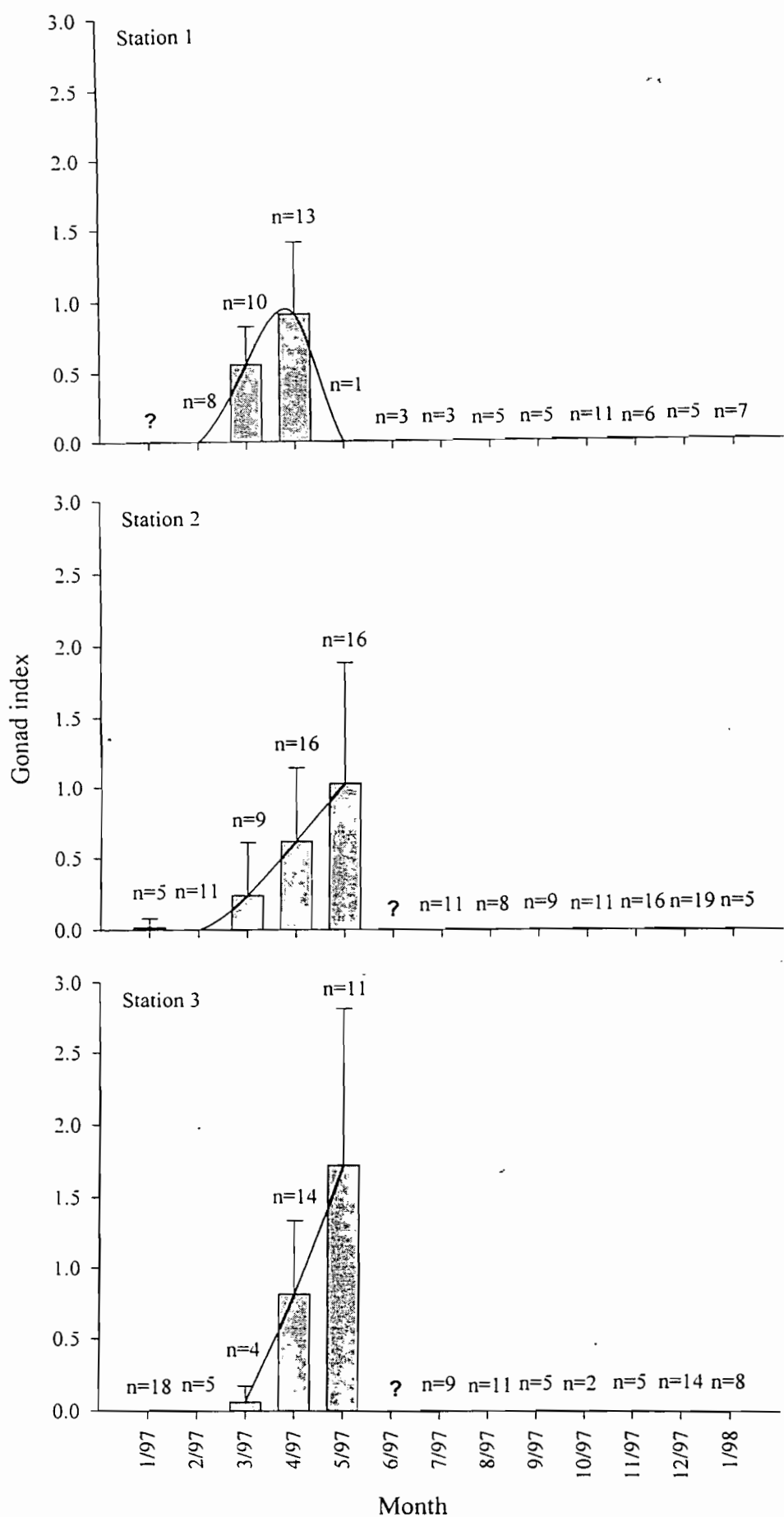


Fig. 8. The gonad index of female *Eriocheir fomsa* at each station from Jan 97 to Jan 98.

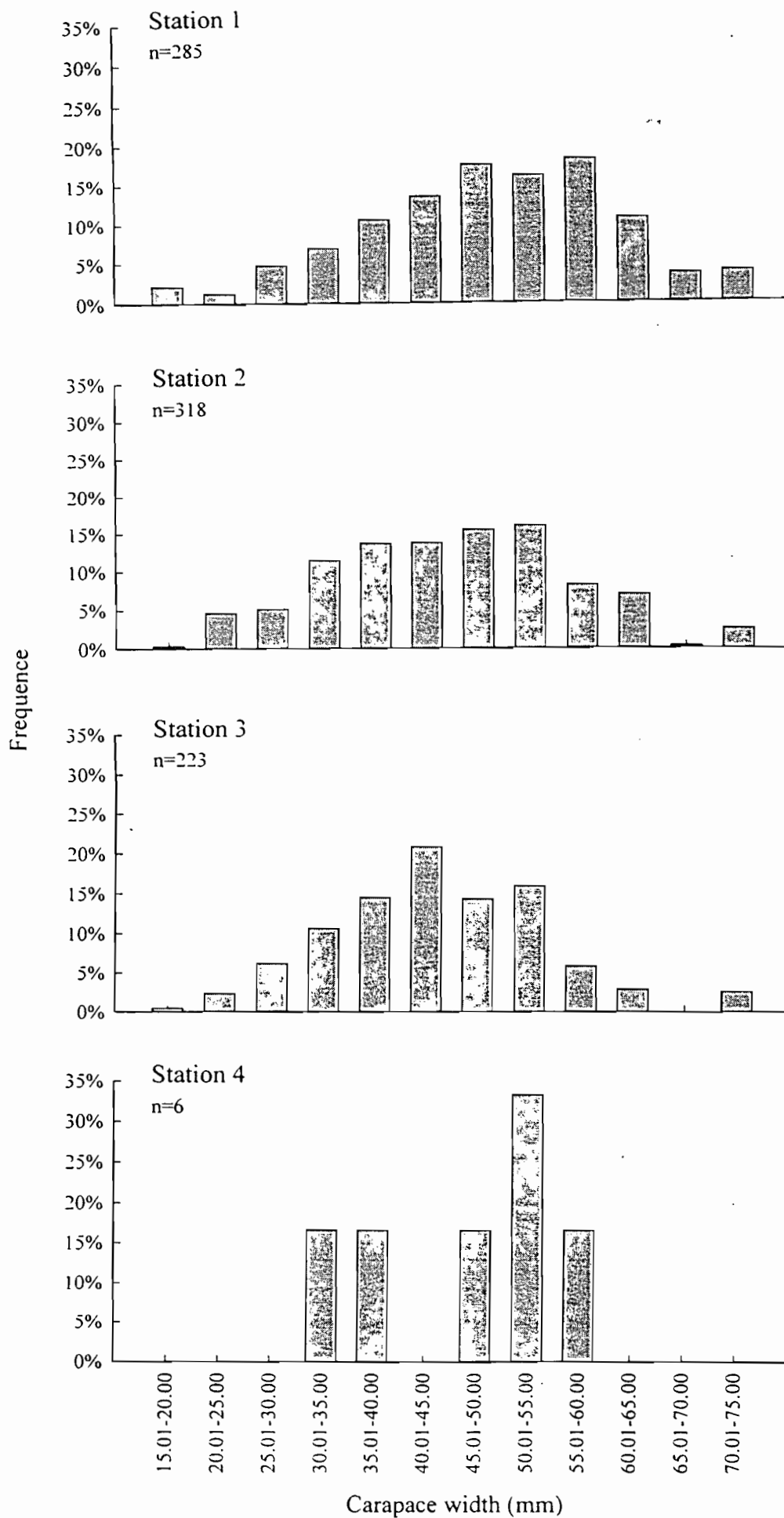


Fig. 9. Carapace width composition of *Eriocheir formosa* collected from Jan 97 to Jun 98 at each station.

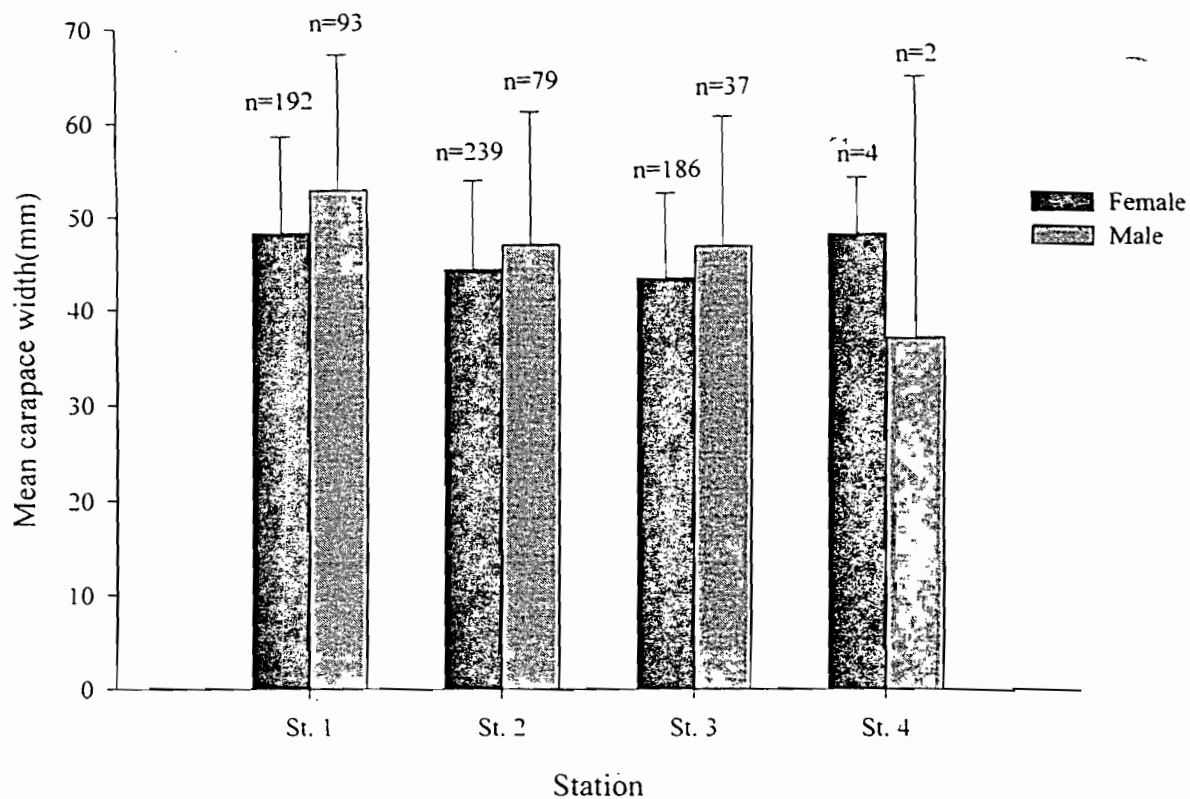


Fig. 10. The mean body size (carapace width) of *Eriocheir formosa* at each station.

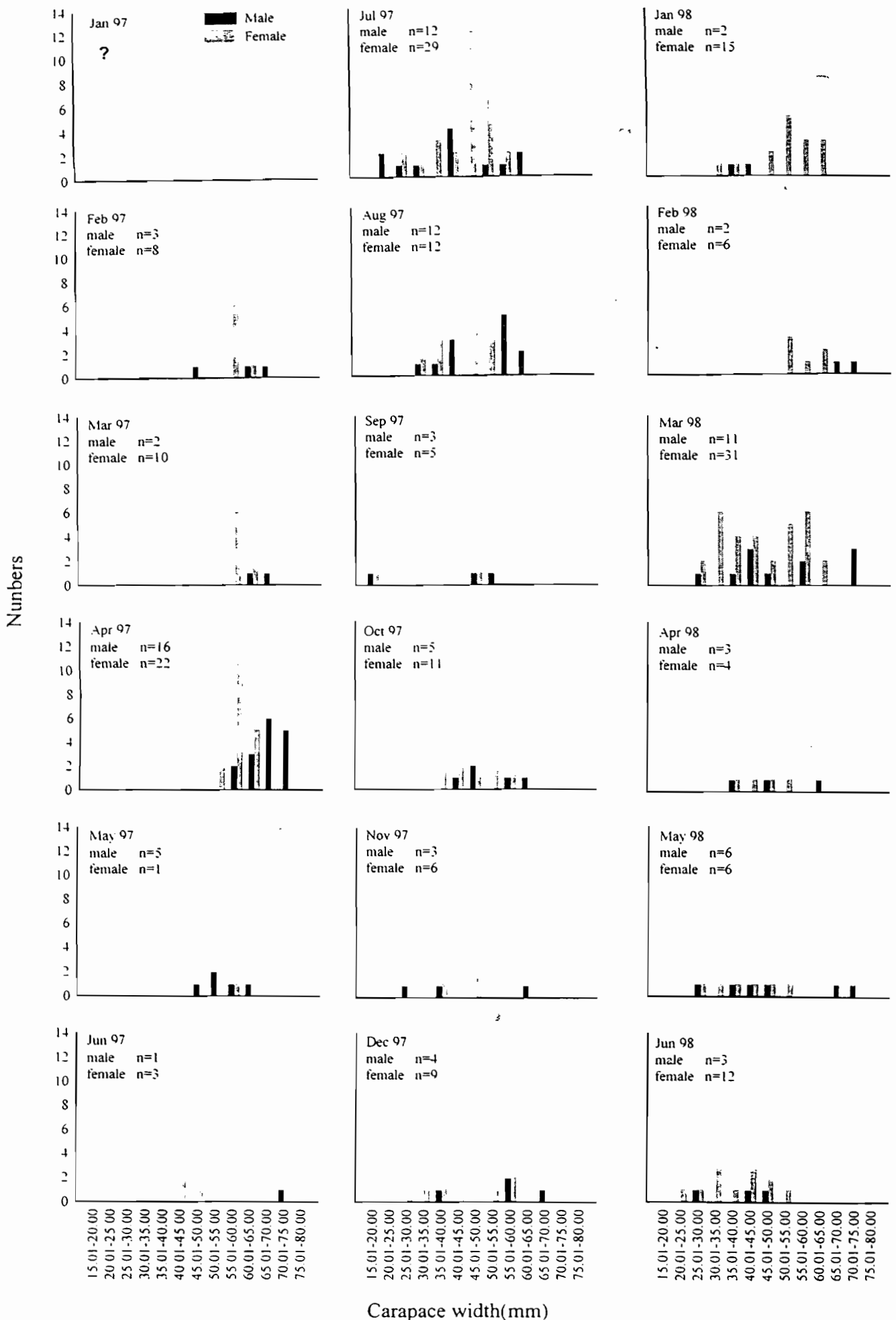


Fig. 11. Carapace width composition of *Eriocheir formosa* collected from Jan 1997 to Jun 1998 at station 1.
No crabs was collected in Jan 97 at this station.

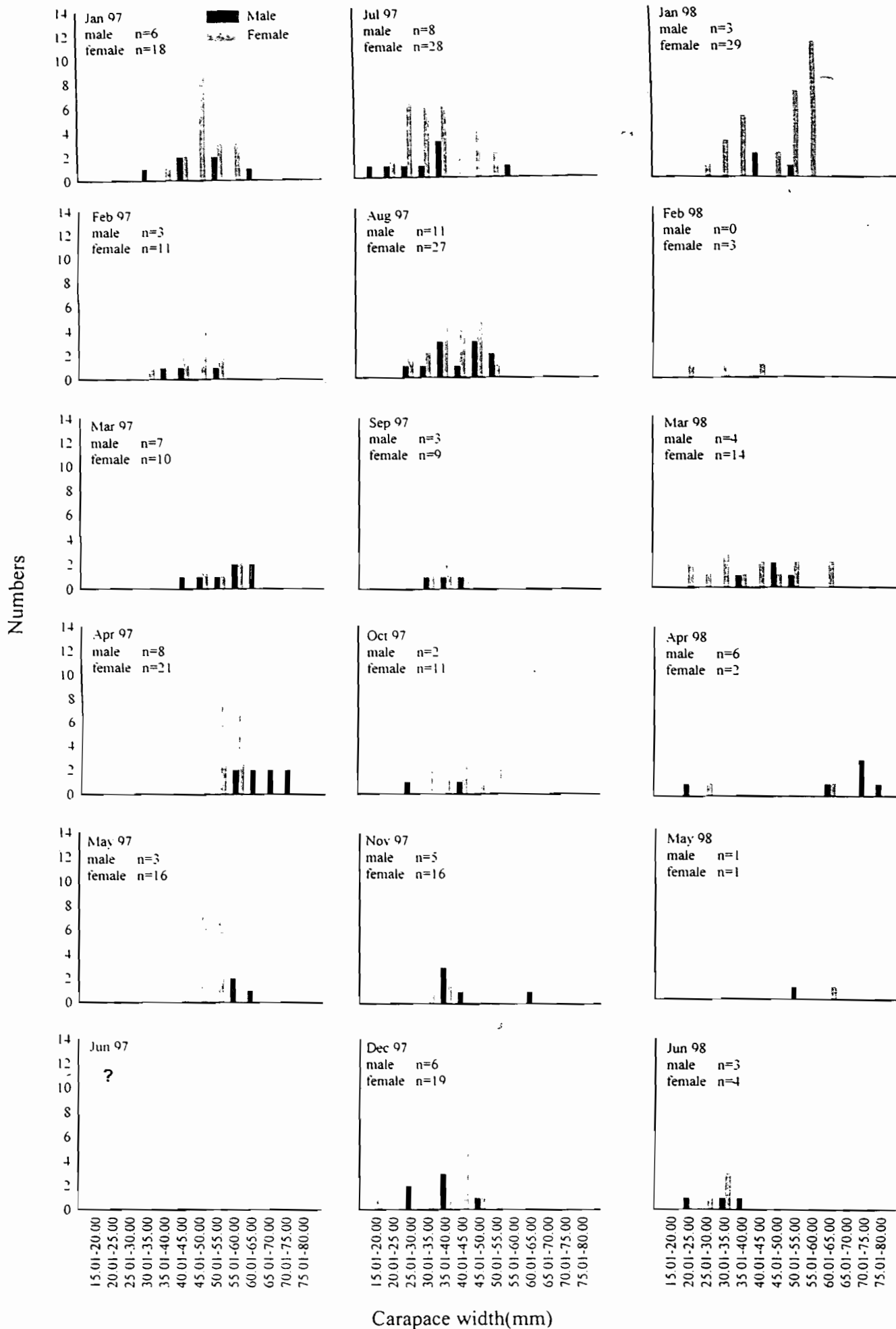


Fig. 12. Carapace width composition of *Eriocheir formosa* collected from Jan 1997 to Jun 1998 at station 2. No crabs was collected in Jun 97 at this station.

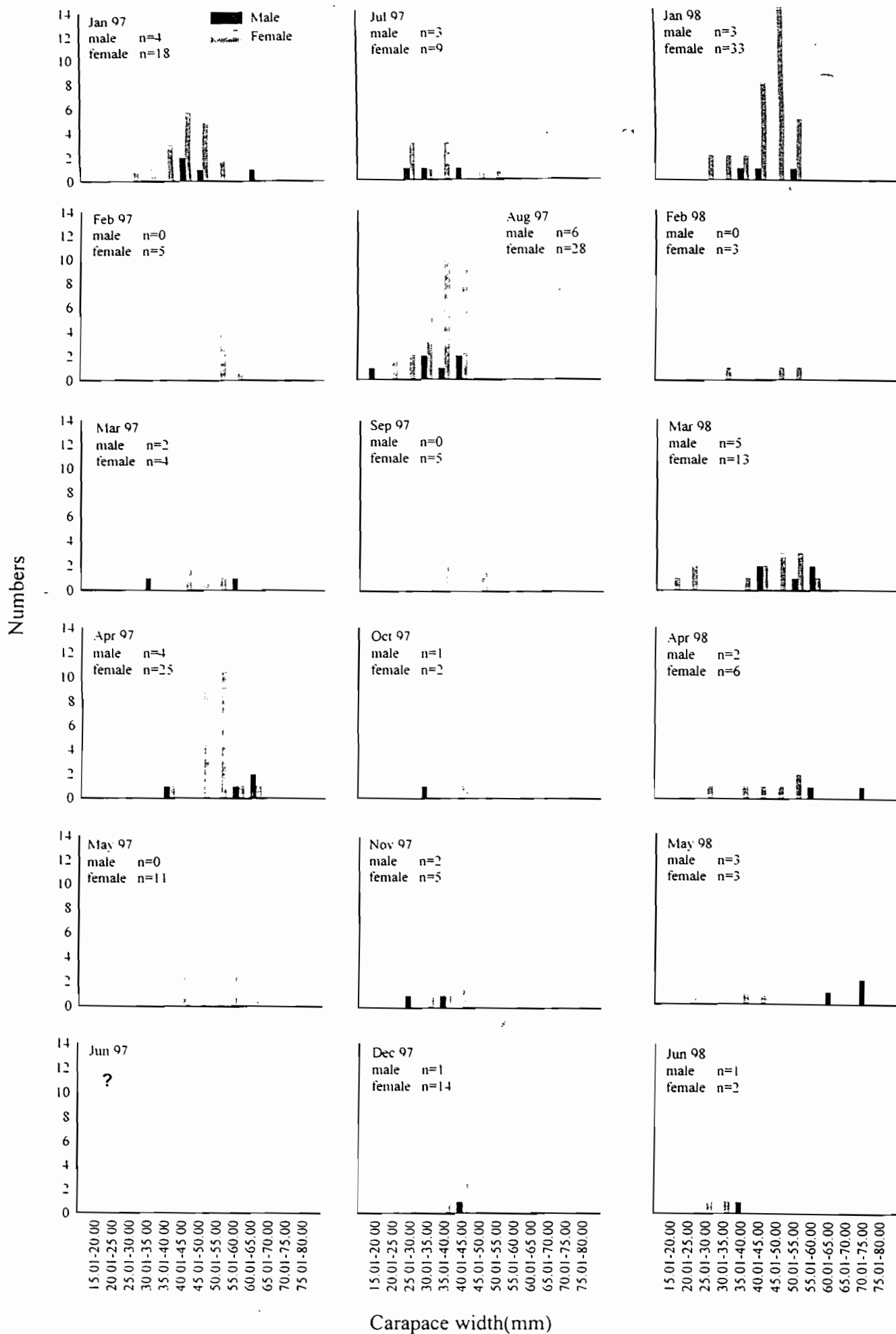


Fig. 13. Carapace width composition of *Eriocheir formosa* collected from Jan 1997 to Jun 1998 at station 3.
No crabs was collected in Jun 97 at this station.

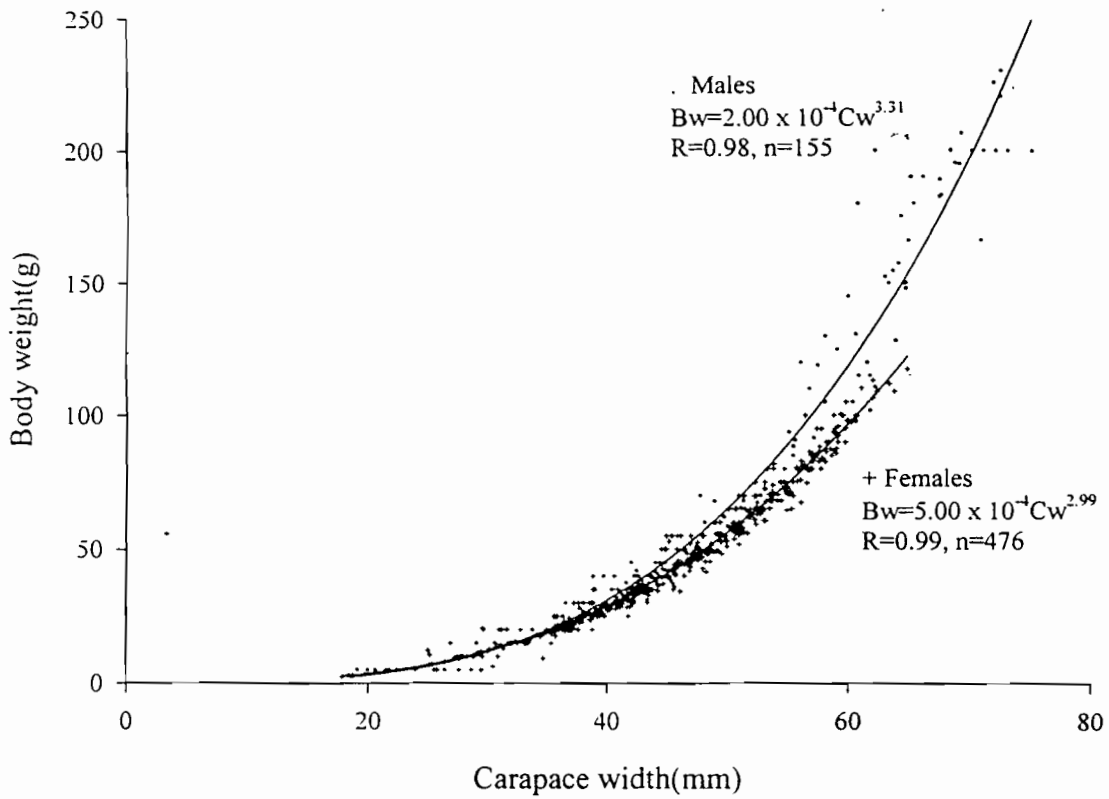


Fig. 14. The relative growth of *Eriocheir formosa* base on body weight versus carapace width. There is no statistically significant difference between mature and immature female ($F = 0.83, P = 0.3633$).

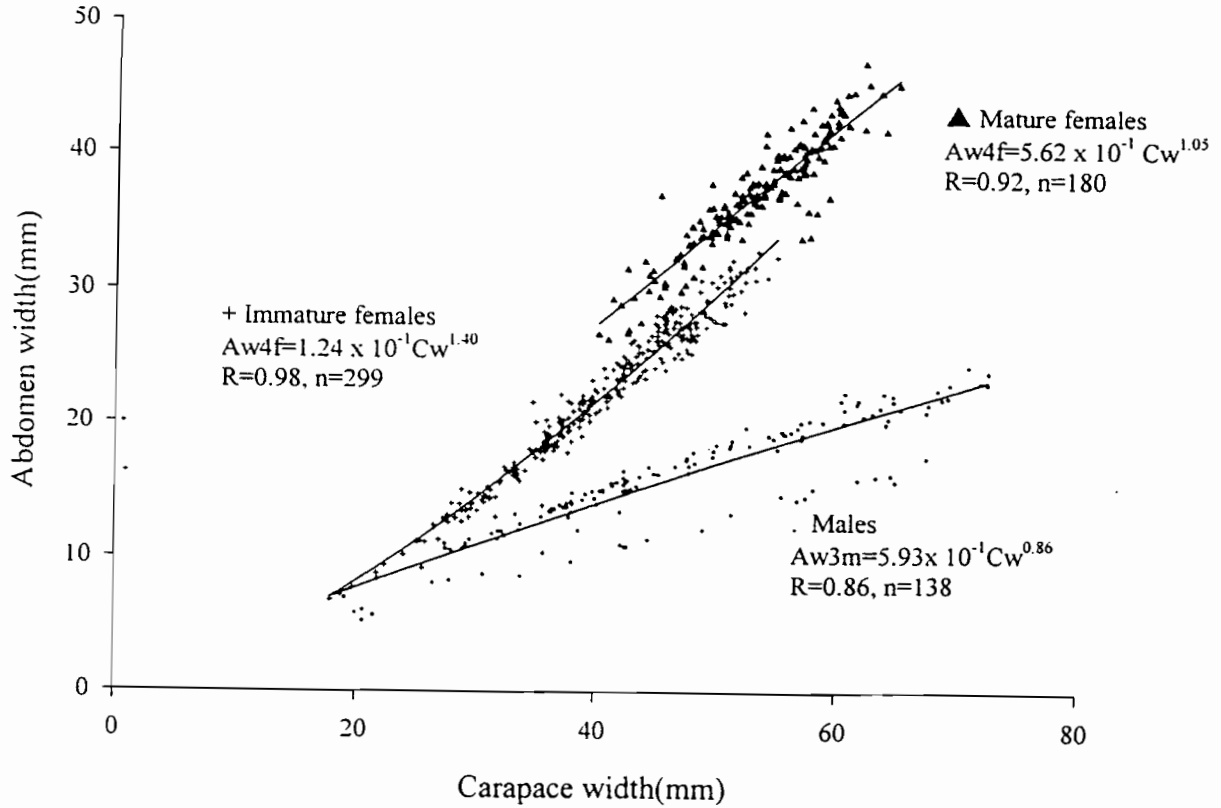


Fig. 15. The relative growth of *Eriocheir formosa* base on abdomen width versus carapace width. There is statistical significant difference between mature and immature females ($F = 471.27, P < 0.0001$).

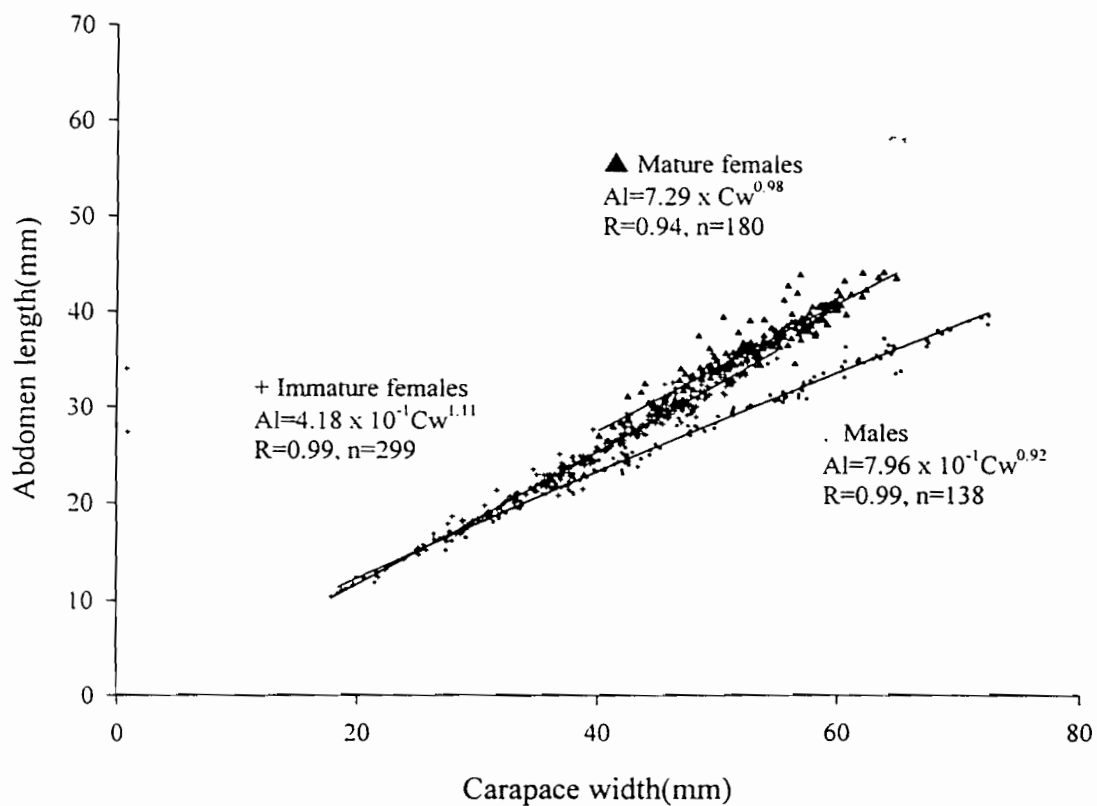


Fig. 16. The relative growth of *Eriocheir formosa* base on abdomen length versus carapace width. There is statistical significant difference between mature and immature females ($F = 164.20, P < 0.0001$).

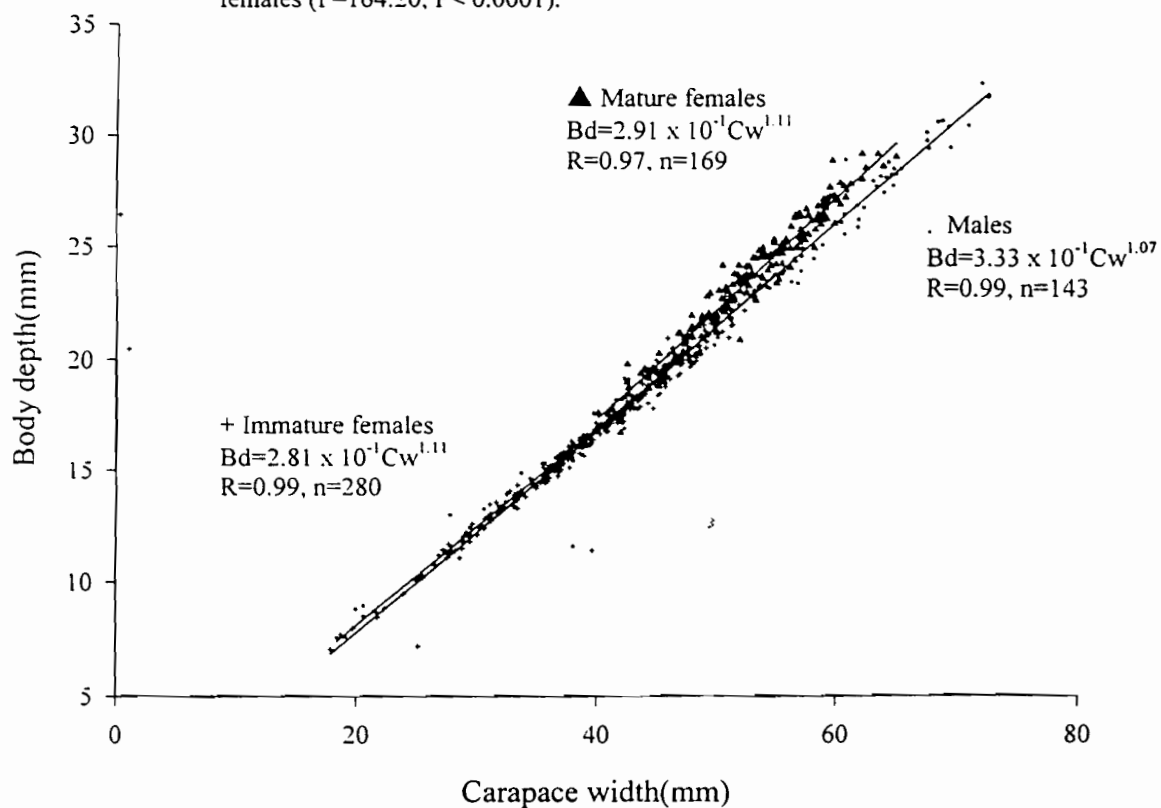


Fig. 17. The relative growth of *Eriocheir formosa* base on body depth versus carapace width. There is statistical significant difference between mature and immature females ($F = 74.82, P < 0.0001$).

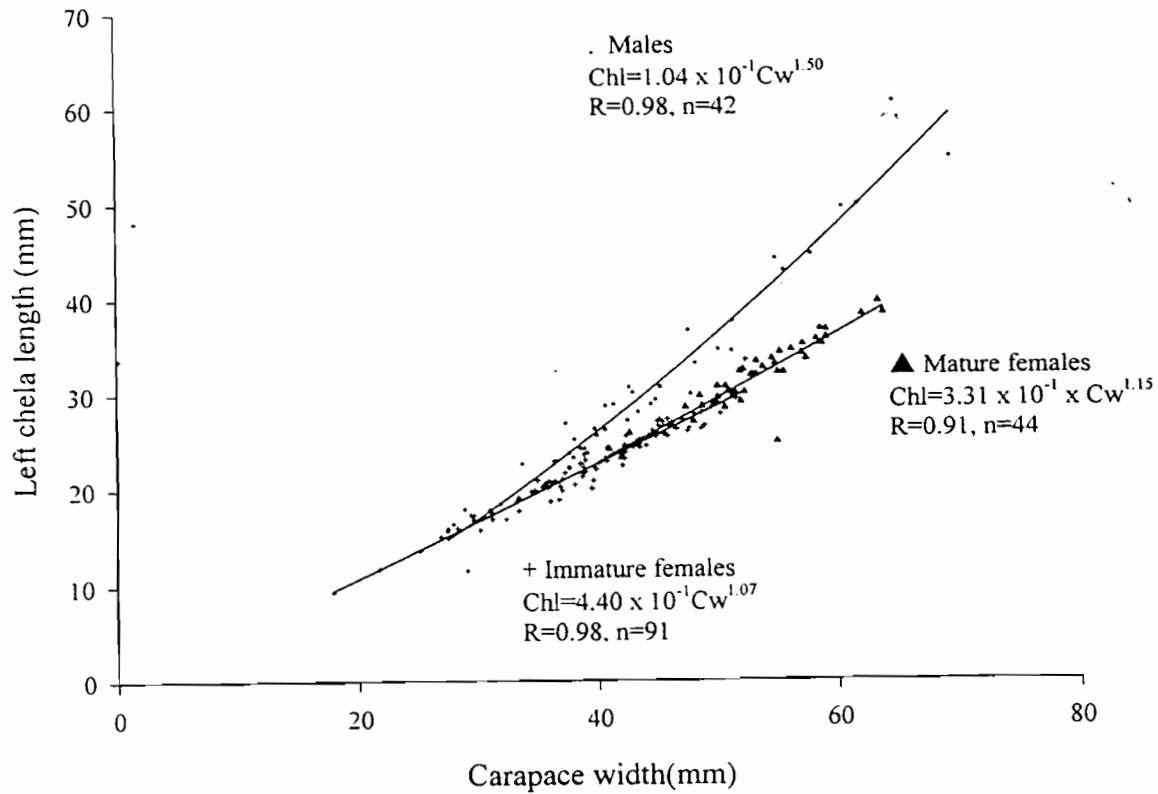


Fig. 18. The relative growth of *Eriocheir formosa* base on left chela length versus carapace width. There is statistical significant difference between mature and immature females ($F = 7.35, P = 0.0076$).

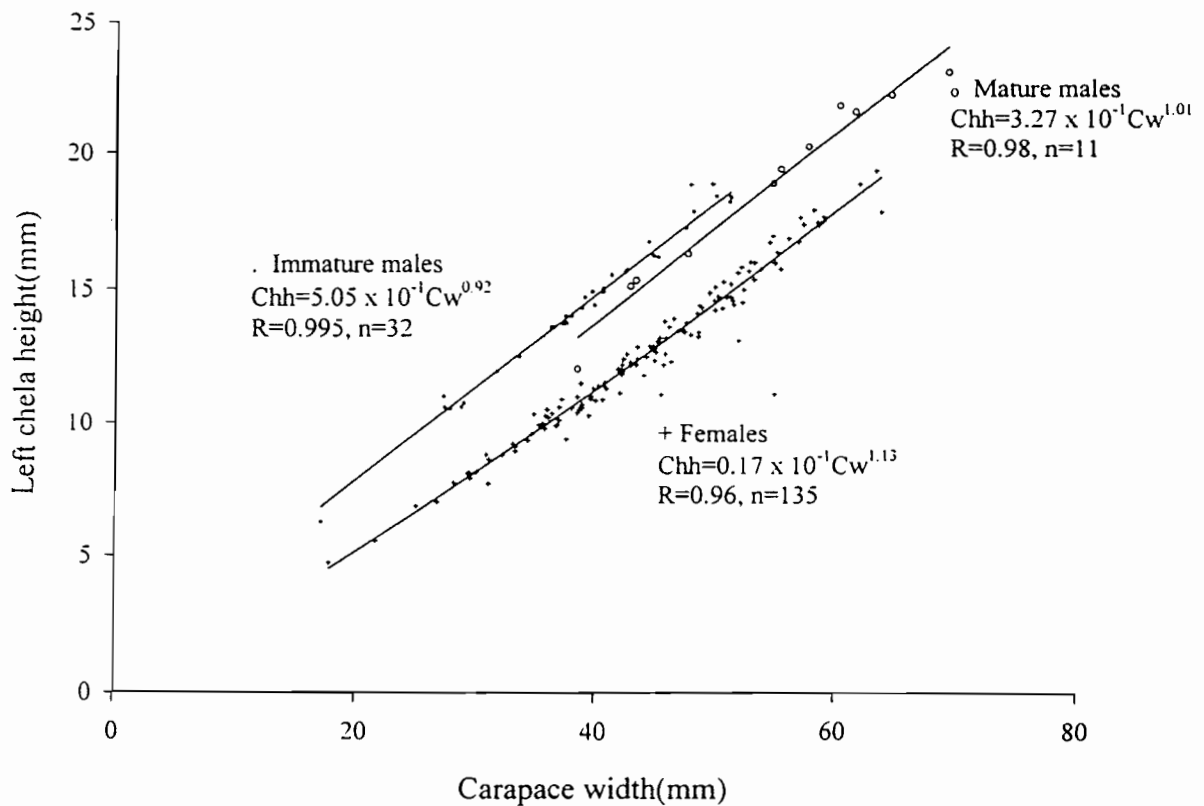


Fig. 19. The relative growth of *Eriocheir formosa* base on left chela height versus carapace width. There is statistical significant difference between mature and immature males ($F = 23.06, P < 0.0001$). In females, no statistical significant difference exists between mature and immature females ($F = 0.49, P = 0.4845$).

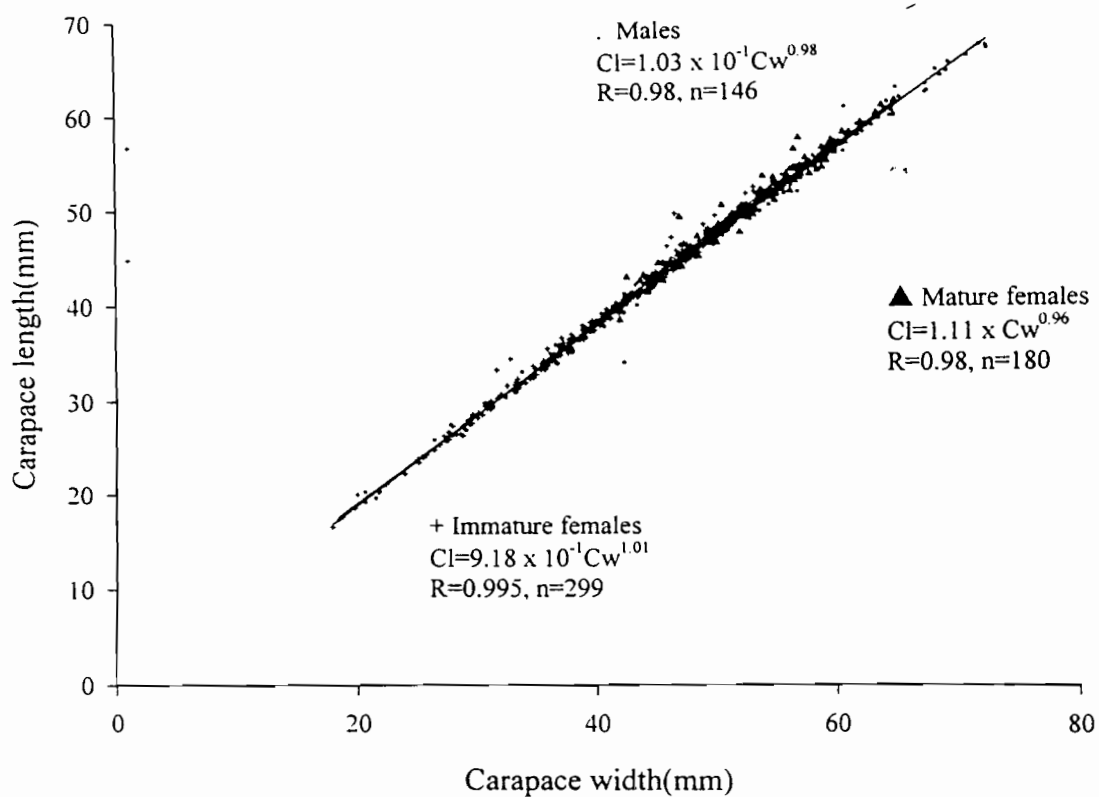


Fig. 20. The relative growth of *Eriocheir formosa* base on carapace length versus carapace width. There is statistical significant difference between mature and immature males ($F = 10.13, P = 0.0016$), males and females ($F = 13.05, P < 0.0001$).

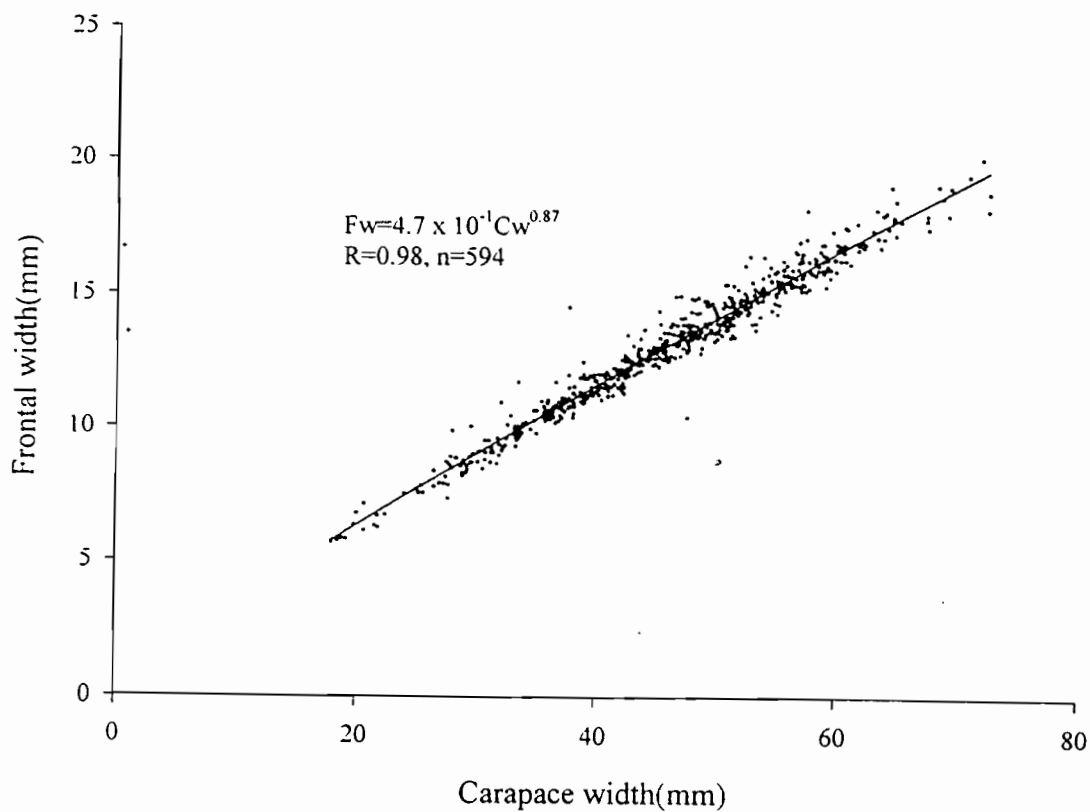


Fig. 21. The relative growth of *Eriocheir formosa* base on frontal width versus carapace width. There is no statistical significant difference between mature and immature males ($F = 4.10, P = 0.0434$), males and females ($F = 1.99, P = 0.1381$).

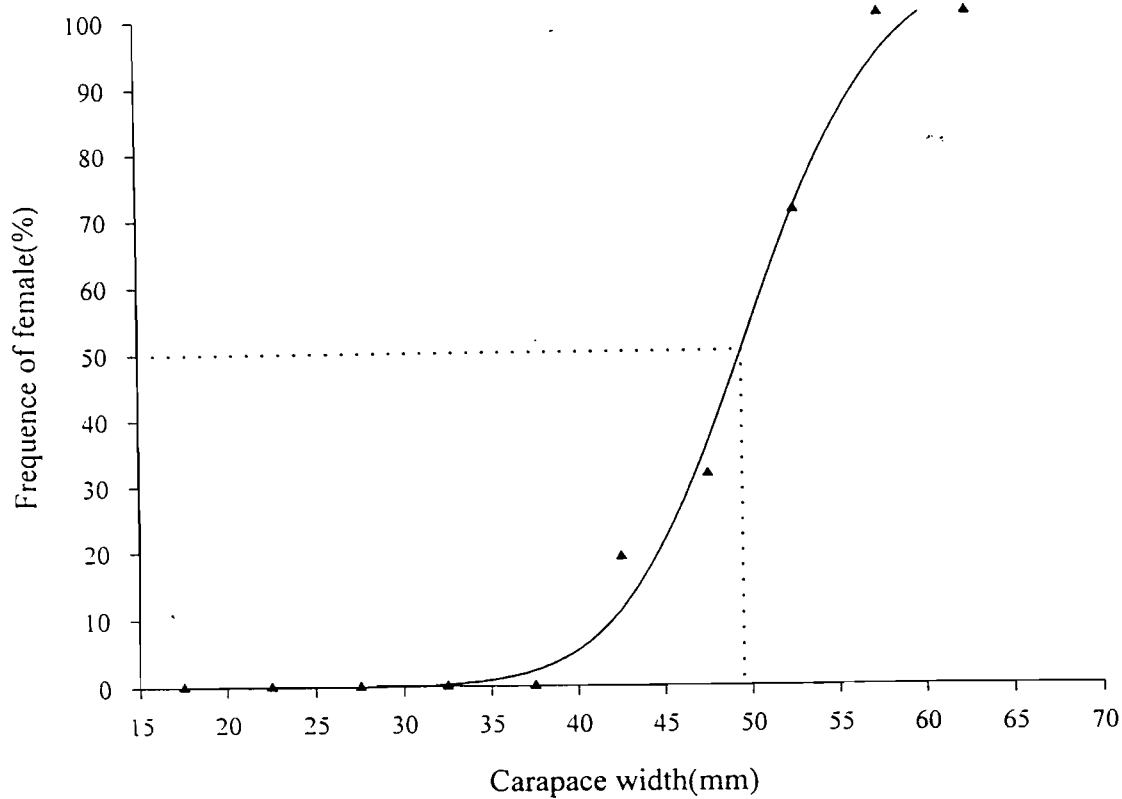


Fig. 22a. The frequency of *Eriocheir formosa* mature female (base on cluster analysis) in each carapace interval. The dot line indicates the size of 50% maturity.

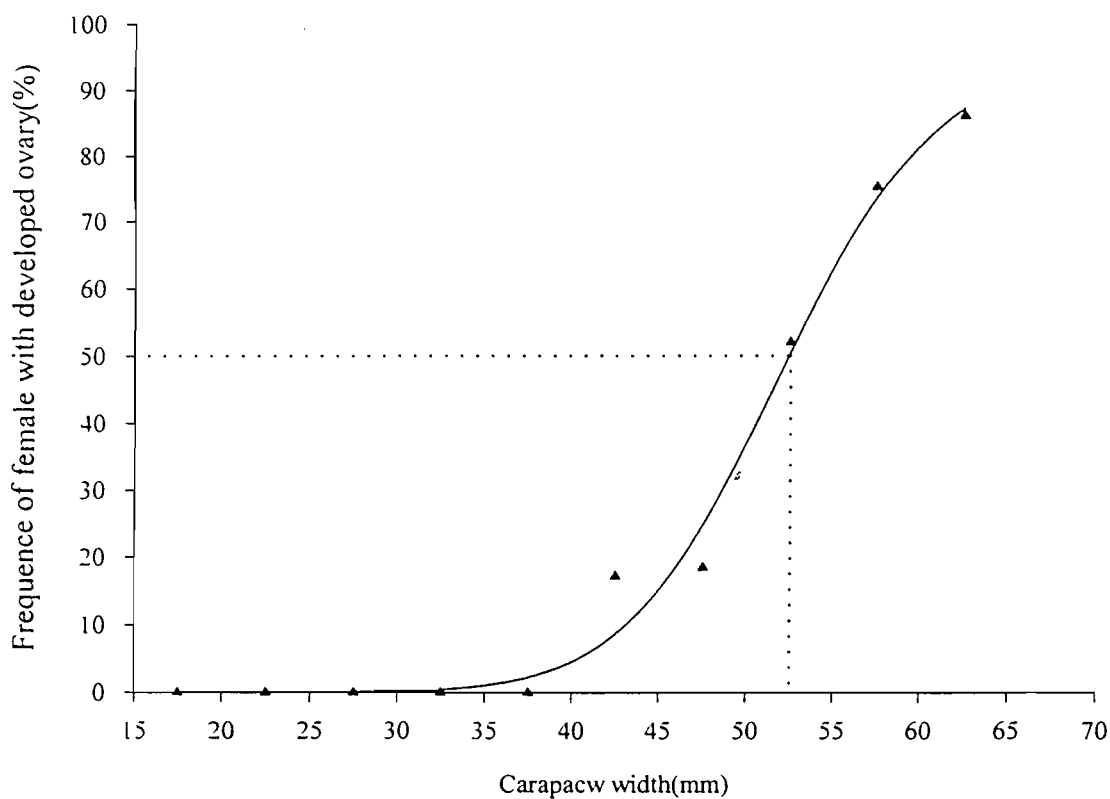


Fig. 22b. The frequency of *Eriocheir formosa* mature female (base on gonad observation) in each carapace interval. The dot line indicates the size of 50% maturity.

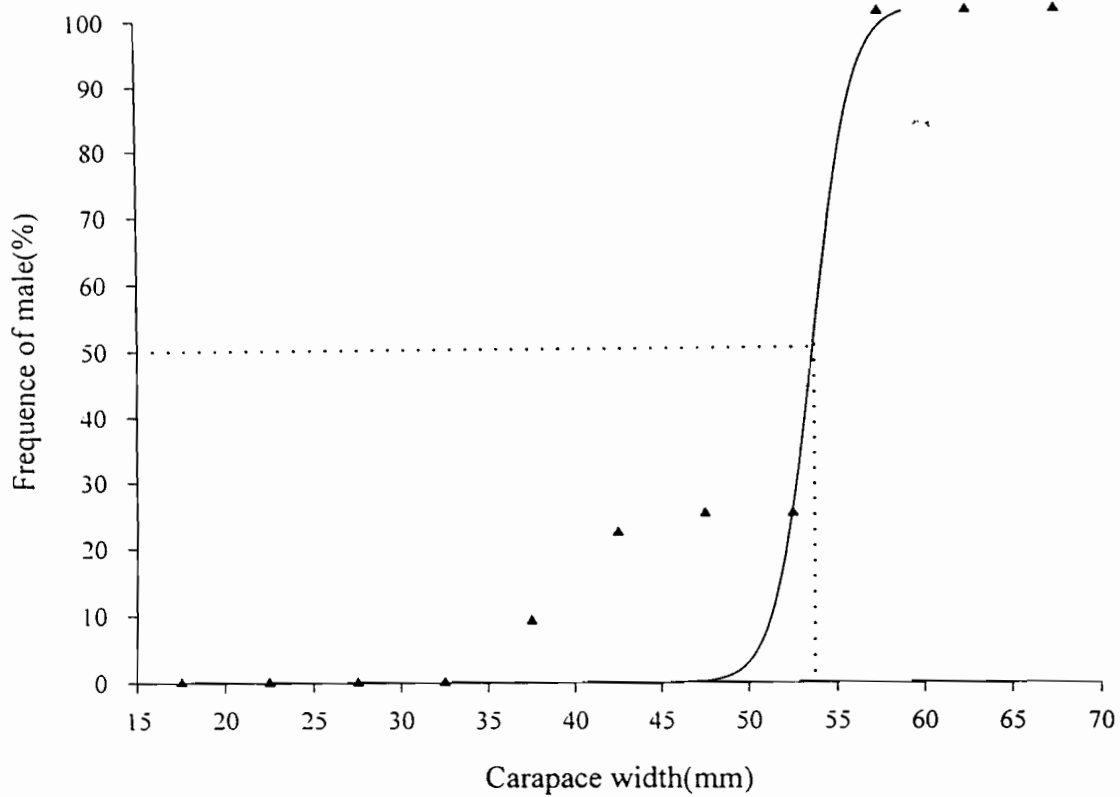


Fig. 23. The frequency of *Eriocheir formosa* mature male (base on cluster analysis) in each carapace interval. The dot line indicates the size of 50% maturity.

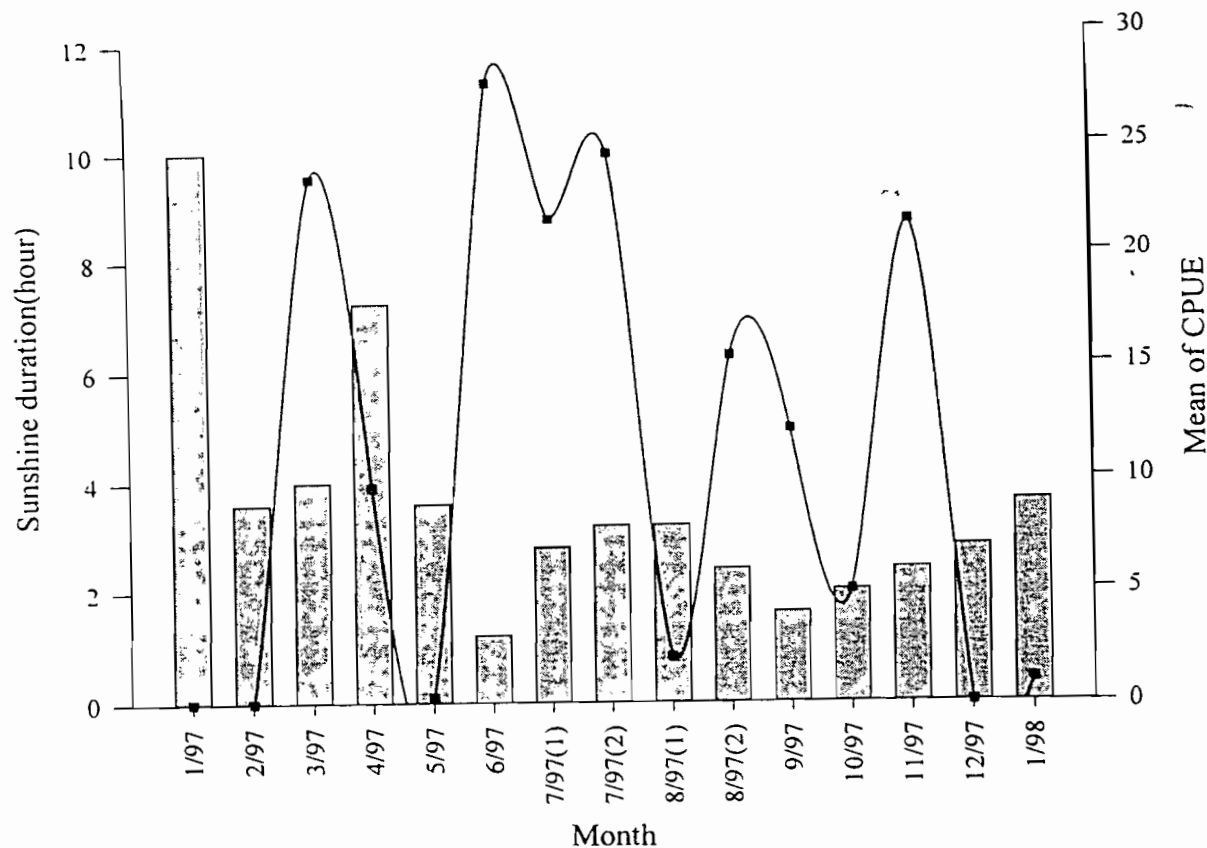


Fig. 24. The relationship between sunshine duration of the collection day (left y axis) and mean of CPUE(right y axis) from each station.

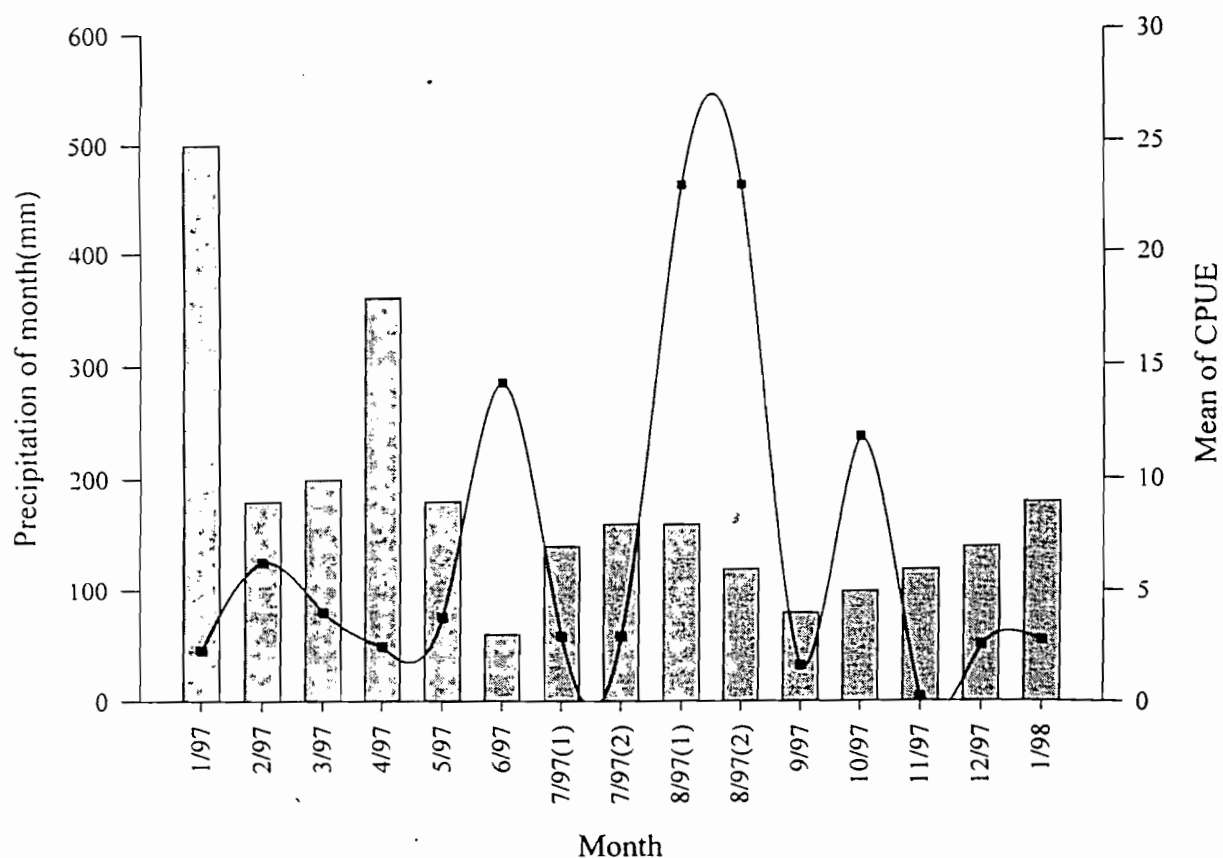


Fig. 25. The relationship between precipitation each month (left y axis) and mean of CPUE (right y axis) from each station. In July and August 1997, we sampled *Eriocheir formosa* twice a month. They don't have statistically significant correlation.

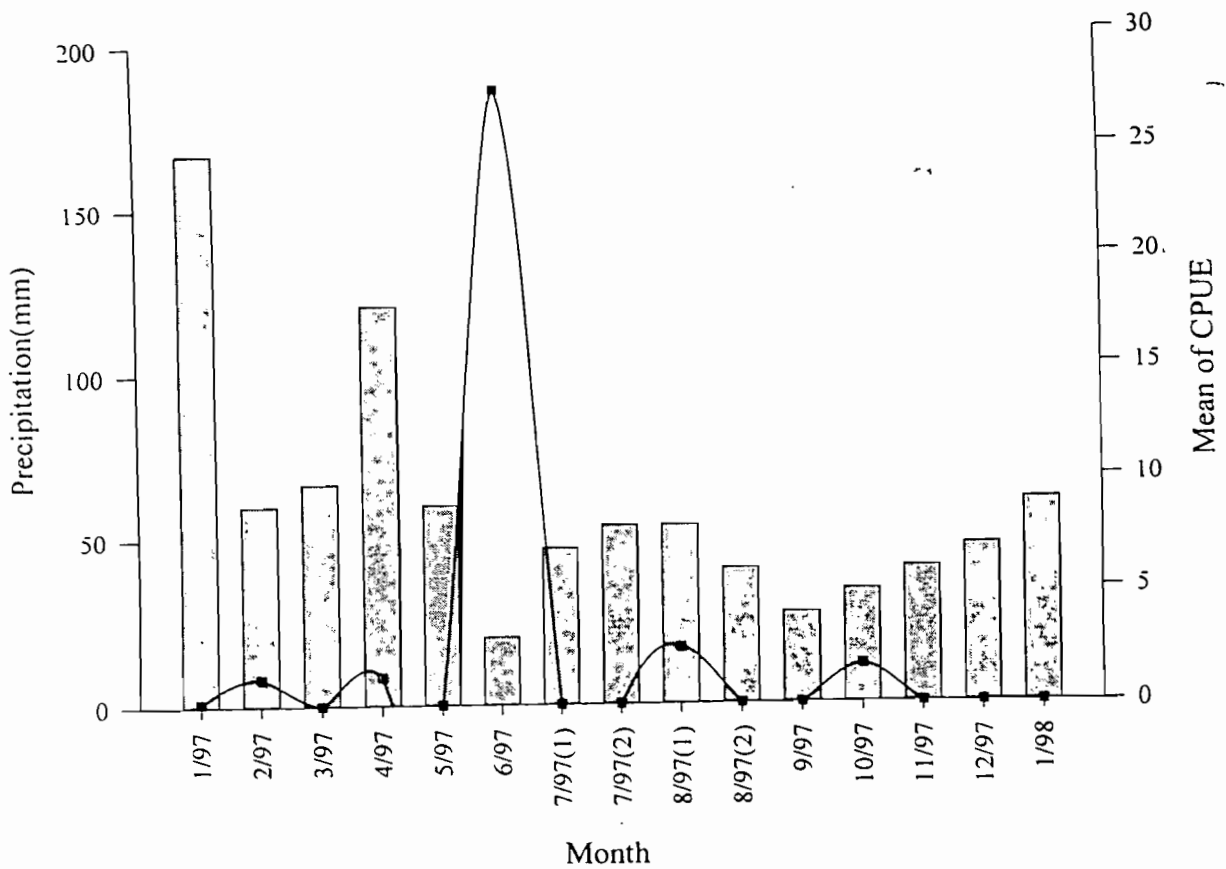


Fig. 26. The relationship between the precipitation three days before collection day (left y axis) and mean of CPUE(right y axis) from each station. In July and August 1997, we sampled *Eriocheir formosa* twice a month. They have statistically significant correlation.

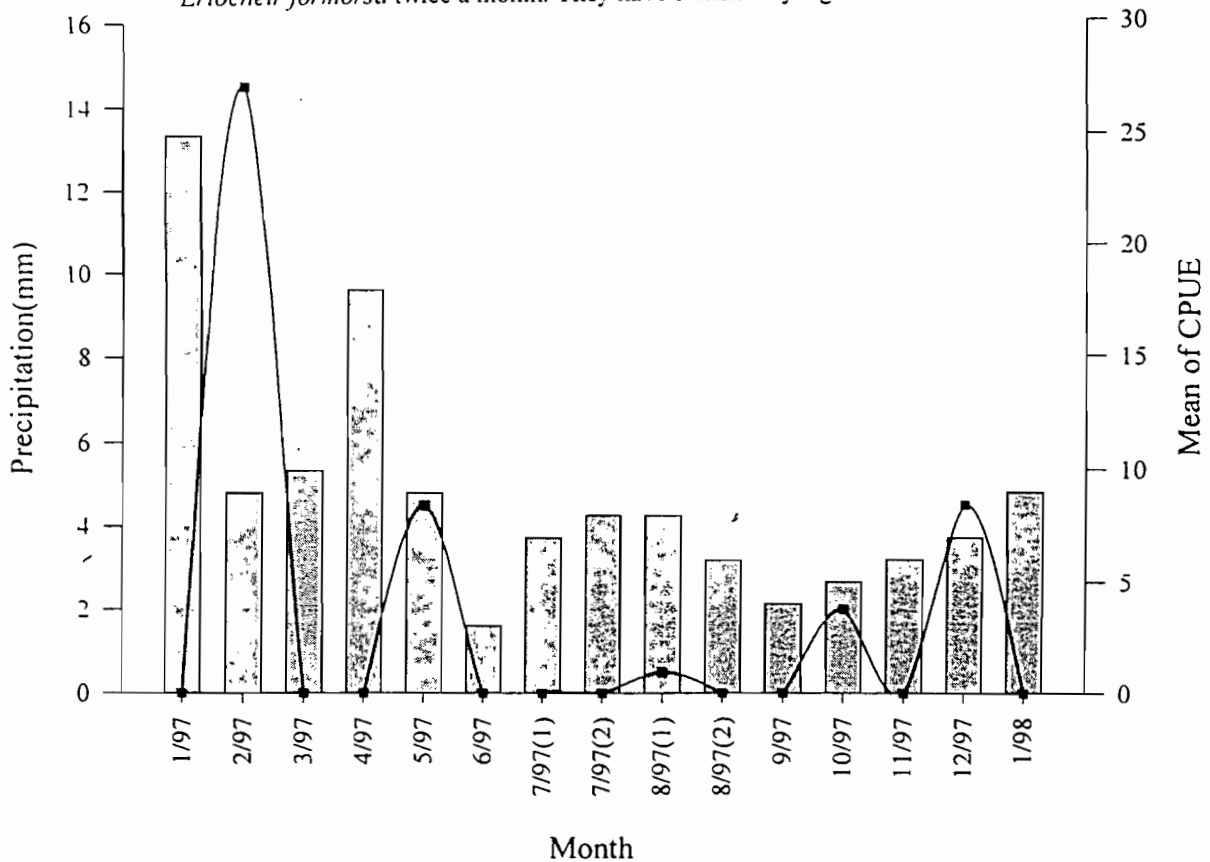


Fig. 27. The relationship between the precipitation of collection day (left y axis) and mean of CPUE(right y axis) from each station. In July and August 1997, we sampled *Eriocheir formosa* twice a month. They don't have statistically significant correlation.

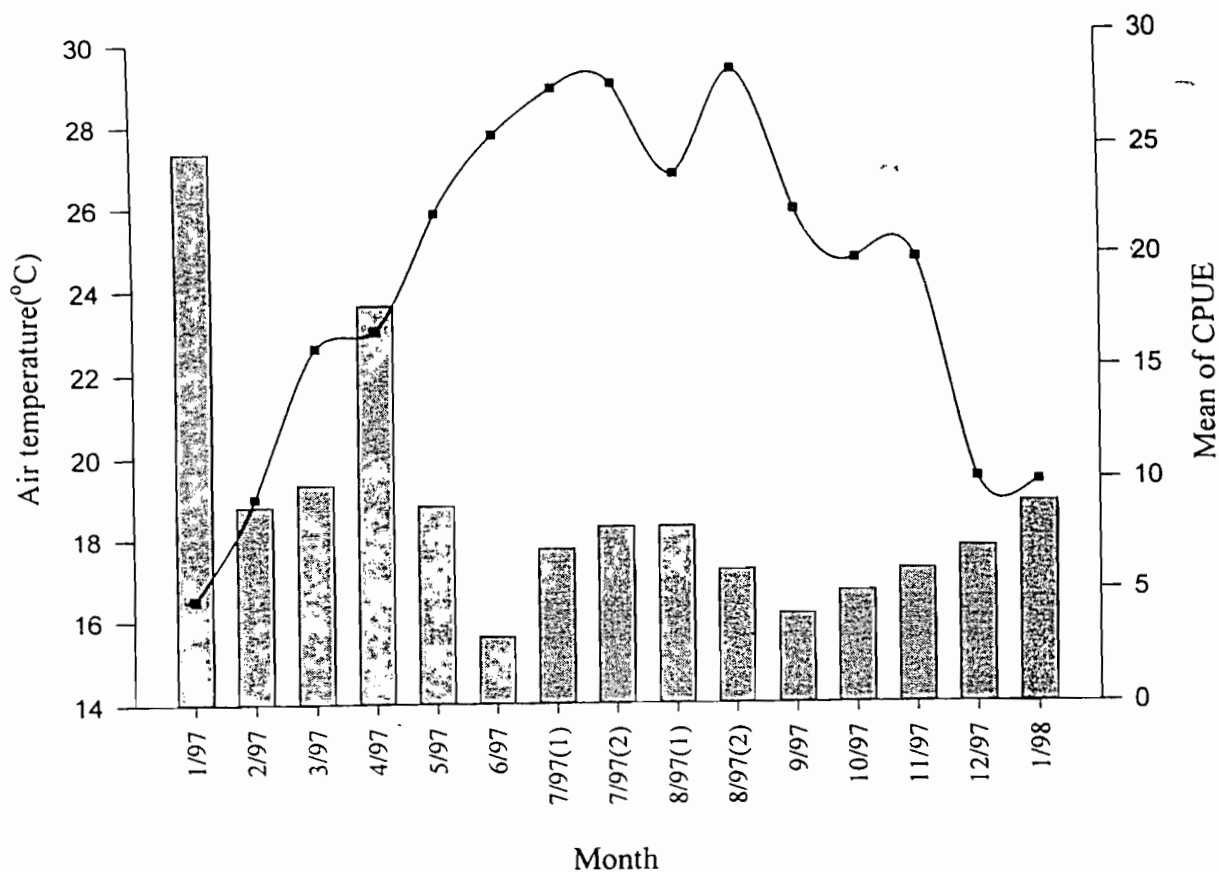


Fig. 28. The relationship between air temperature of the collection day (left y axis) and mean of CPUE(right y axis) from each station. In July and August 1997, we sampled *Eriocheir formosa* twice a month. They don't have statistically significant correlation.

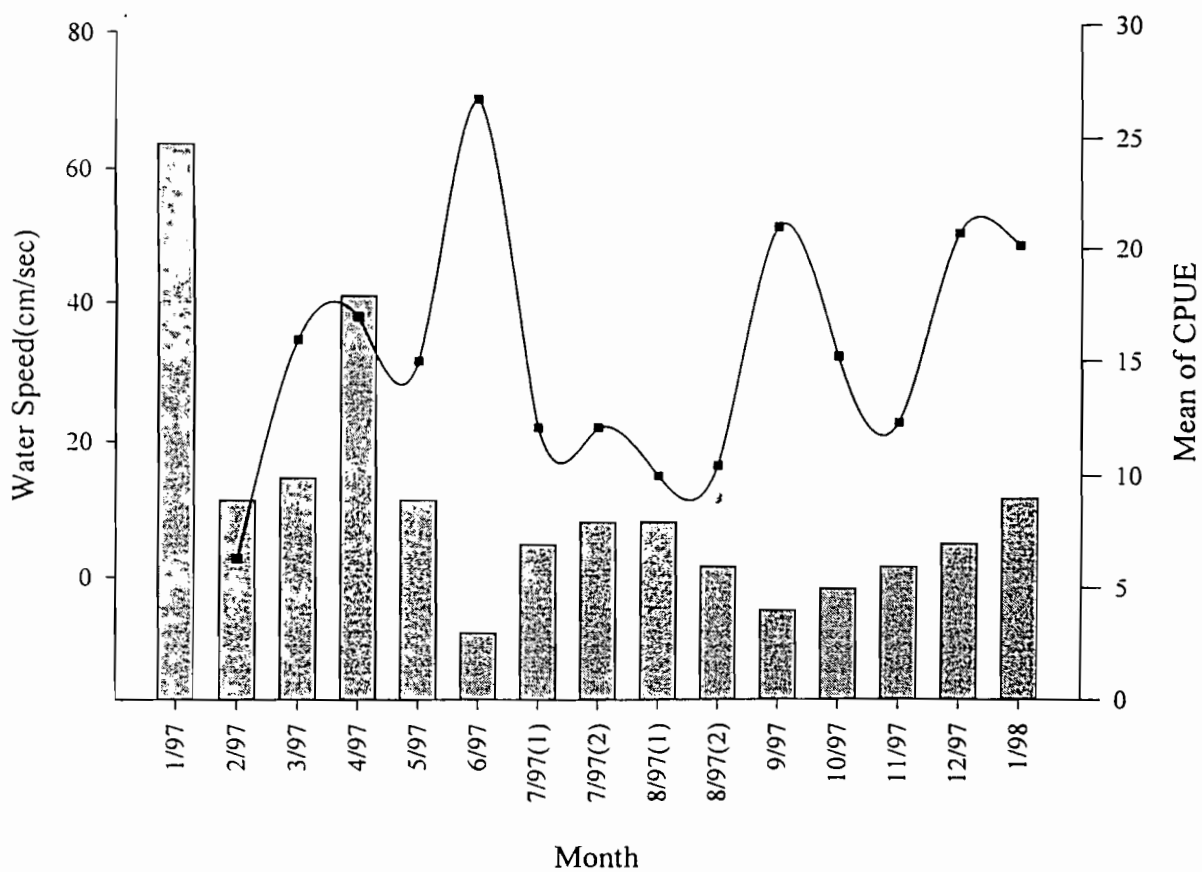


Fig. 29. The relationship between water speed of the collection day (left y axis) and mean of CPUE(right y axis) from each station. In July and August 1997, we sampled *Eriocheir formosa* twice a month. They don't have statistically significant correlation.

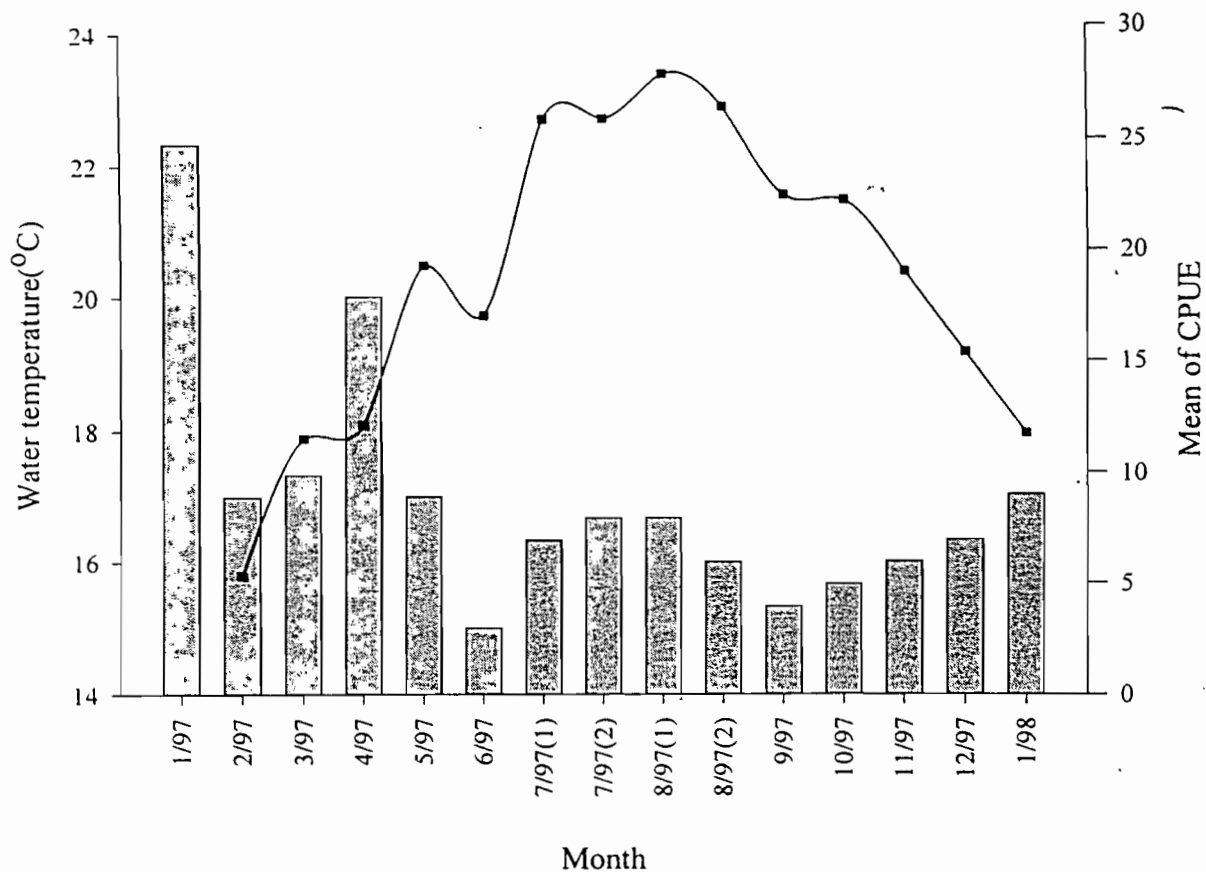


Fig. 30. The relationship between the water temperature on the collection day (left y axis) and mean of CPUE(right y axis) from each station. In July and August 1997, we sampled *Eriocheir formosa* twice a month. They have statistically significant correlation.

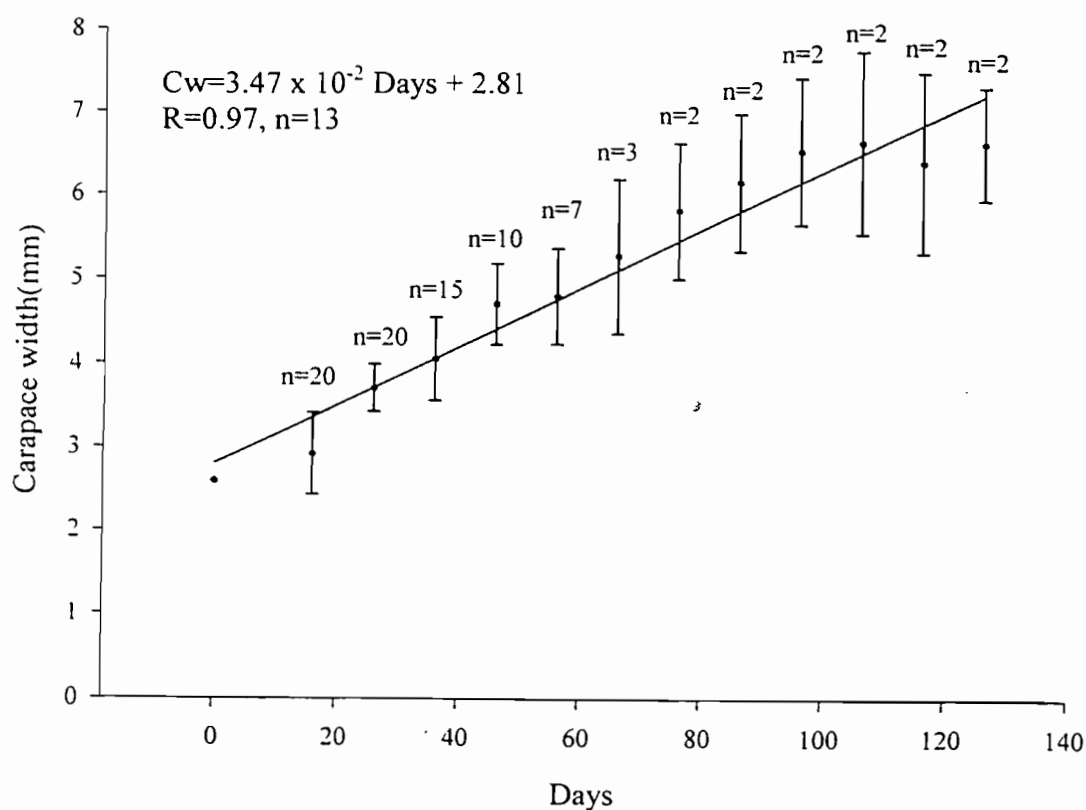
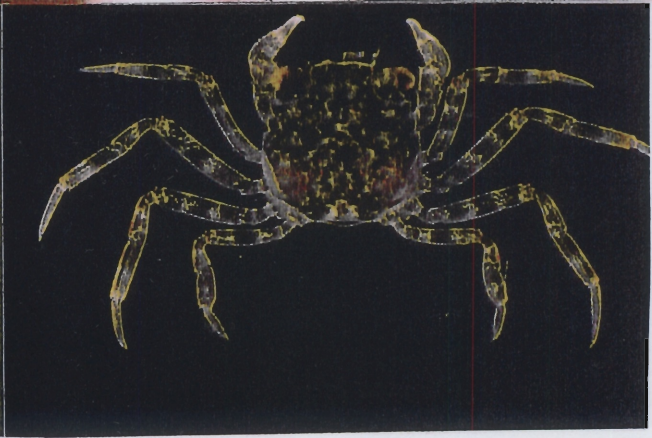
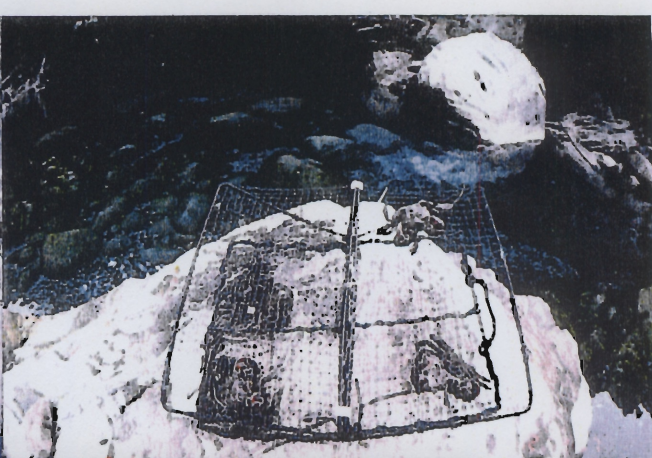


Fig. 31. The growth of the juvenile *Eriocheir Formosa*.



- Pl. 1. (左一)較小型的白色圓筒狀籠具。
 Pl. 2. (右一)較大型的黑色長方形籠具。
 Pl. 3. (左二)以直徑 0.5mm、長 2.0cm 的白色標籤上標後之臺灣絨螯蟹。
 Pl. 4. (右二)以注射器將螢光數字軟質標籤打入臺灣絨螯蟹的腹節內面。
 Pl. 5. (左三)臺灣絨螯蟹的大眼幼體。
 Pl. 6. (右三)臺灣絨螯蟹的稚蟹。
 Pl. 7. (左四)剛脫殼之臺灣絨螯蟹。