

國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文

指導教授：李英周 博士



台灣西南部七股溪口紅樹林沙洲招潮蟹密度  
影響因子之研究

Density influence factors of fiddler crab in  
mangrove estuary of Cigu River in  
southwestern Taiwan

研究生：陳耀弘 撰

中華民國 98 年 6 月

# 目錄

目錄	1
中文摘要	3
英文摘要	5
第一章 前言	7
第一節 紅樹林生態系	7
第二節 台灣的招潮蟹	10
第四節 研究動機與目的	14
第二章 材料與方法	15
第一節 研究地點	15
第二節 蟹類密度調查方法	15
第三節 招潮蟹數量分布及外部形態特徵	16
第四節 招潮蟹密度與環境因子	17
第五節 資料處理	20
第三章 結果	23
第一節 蟹類密度調查方法	23
第二節 招潮蟹數量分布及外部形態特徵	23
第三節 招潮蟹密度與環境因子	27
第四章 討論	34

第一節 蟹類密度調查方法-----	34
第二節 招潮蟹外部形態特徵-----	34
第三節 招潮蟹密度與環境因子-----	37
第五章 結論-----	43
謝誌-----	44
參考文獻-----	45
附表-----	51
附圖-----	61
照片-----	90



## 中文摘要

台灣西南部七股溪口具有紅樹林所組成的沙洲，本區生物資源豐富同時為野鳥重要棲息地，其中招潮蟹更是本區的底棲優勢族群。先前試驗顯示目視計算地面活動個體數法最有效率，且適合七股溪口紅樹林沙洲招潮蟹族群密度的採樣方法；同時以挖掘法捕捉部分招潮蟹進行形質測量。本研究在 2008 年 7 月至 2009 年 6 月間在七股溪口紅樹林沙洲進行採樣，主要目的為探討紅樹林沙洲招潮蟹密度之影響因子，生物採樣部分採用垂直潮水線的穿越線法目視鑑種並計數；採樣水質因子有 pH 值、鹽度、水溫、含氧量；底質因子有含水量、有機質含量、粒徑及泥沙比。本區棲息著弧邊招潮蟹、清白招潮蟹、三角招潮蟹及北方凹指招潮蟹，弧邊招潮蟹與清白招潮蟹的甲寬與體重間呈現高度相關，而北方凹指招潮蟹則於甲長與體重有較高的相關。七股溪口紅樹林沙洲可依據水質和底質的不同明顯分為七股溪河道、三股溪河道及小排水溝三大區塊。主成份分析發現七股溪口紅樹林沙洲環境變異，首先來自於底質因子，接著才是水質因子。三股溪河道區為較適弧邊招潮蟹與清白招潮蟹棲息的河道區，且皆於高潮位有最高的密度；此區底質因子粒徑為  $48.8 \pm 5.68 \mu\text{m}$ ；泥沙比為  $1.7 \pm 0.38\%$ ；含水量為  $35.5 \pm 4.76\%$ ；高潮位有機質含量則是  $3.56 \pm 0.93\%$ 。

關鍵字：招潮蟹、棲地、七股溪、紅樹林河口



## Abstract

The study mangrove area, which was located at southwestern Taiwan has abundant biological resources and is one of important habitat of wild bird. The fiddler crabs were the most dominant species of benthic animals. In previous study, visual survey was the most efficiency and suitable method to estimate fiddler crab's density in the mangrove estuary of Cigu River. Fiddler crabs were also captured and measured their morphology. The data were sampled monthly from July, 2008 to June, 2009, the purpose of this study was to comprehend density influence factors of fiddler crab in mangrove estuary of Cigu River. The transect sampling was vertical to tidal line. Besides, species discrimination, individual counts and sex judgement were also investigated by visual survey. The environmental factors, such as pH, salinity, temperature, dissolved oxygen, water content, organic matter, grain size and the proportion of mud/sand were also investigated. The results indicated that there were four species, such as *Uca arcuata*, *Uca lactea*, *Uca triangularis triangularis* and *Uca vocans borealis*. Carapace width of *Uca arcuata* and *Uca lactea lactea* had highly relevant with weight, and carapace length of *Uca vocans borealis* had highly relevant with weight. The mangrove estuary of Cigu River could be divided into three sectors, such as Cigu River sector, small water channel sector, Sangu River which was composed of different water and sediment factors. PCA also indicated that the variation of the mangrove estuary of Cigu River was mainly from sediment factors then water factors. Sangu River sector was suitable habitat for *Uca arcuata* and *Uca lactea lactea* compared to other

two sectors. There were high *Uca arcuata* and *Uca lactea lactea* densities in high tidal zone of Sangu River sector. Sangu River sector had sedimental factors as following : grain size  $48.8 \pm 5.68 \mu\text{m}$  ; mud/sand proportion  $1.7 \pm 0.38\%$  ; organic matter  $3.56 \pm 0.93 \%$  ; water content  $35.5 \pm 4.76 \%$  .

Keywords : fiddler crab, *Uca*, habitat , Cigu River, mangrove estuary



## 第一章 前言

### 第一節 紅樹林生態系

七股鄉龍山村七股溪出海口為海茄苳所組成的紅樹林沙洲，依內政部在 1986 年「台灣沿海地區自然環境保護計畫」已規劃為重要鳥類棲息地，台南縣政府亦在鄰近的龍雄三橋週邊設有兩座大型賞鳥亭供民眾欣賞沙洲內的鷺科鳥類，其沙洲上蘊藏著豐富的生機，棲息著鷺科鳥類、彈塗魚、環文蛤、沙蟹、相手蟹與招潮蟹等，其中招潮蟹因其多變的體色與豐富的生態行為，如覓食、挖洞築塔、雄蟹大螯的揮舞展示及打鬥行為，近年來賞蟹也逐漸興起，成為賞鳥以外的重要海濱活動之一。七股溪口紅樹林沙洲週遭的溼地更包括七股潟湖、七股鹽田和曾文溪口，其中七股潟湖是全台灣面積最大的潟湖，由於水質乾淨，所以牡蠣、貝類和魚類養殖業很興盛。曾文溪口最有名的就是瀕臨滅絕的黑面琵鷺，全世界更有一半以上的族群在這裡渡冬。

「紅樹林」是指一群可以適應生長在熱帶及亞熱帶河口潮間帶的木本植物，其棲息地的溫度與鹽度變化相當大，為適應水域與陸地兩種截然不同環境，演化出適應嚴苛環境之形態分化，如氣生根、支柱根及胎生現象等，也因其生育地環境特殊，少有其他植物與之競爭，故經常形成純林，為河口海岸地區重要的初級生產者，提供該區其它消費者食物來源和棲息、繁殖及覓食場所，為珍貴的海岸濕地河口生



物資源。

在台灣，原有水筆仔 (*Kandelia candel*)、五梨跤 (*Rhizophora stylosa*)、紅茄苳 (*Bruguiera gymnorhiza*)、細蕊紅樹 (*Ceriops tagal*)、海茄苳 (*Avicennia marina*)及欖李 (*Lumnitzera racemosa*)等六種紅樹林植物。中南部以海茄苳為主，五梨跤及欖李則僅侷限在台南以南部分地區。台灣紅樹林的分布區域主要在西部沿岸，北自淡水河，南至屏東大鵬灣的河口、海灘、潟湖或沿海排水之河道內，面積共約278公頃(薛，1995a)。

紅樹林在生態系上扮演著重要角色，因此對於紅樹林價值觀念逐漸改變，薛 (1995a) 將紅樹林之功能分為生態、環境保護、學術教育及經濟功能：

1. 生態功能：紅樹林海岸河口地區，匯集了河川上游累積的各種有機物及無機鹽，這些養分提供浮游生物利用，其沉積物也成為底棲動物最佳的棲息地，而構成完整的食物網。紅樹林是沼澤地區重要的初級生產者，有很多鳥類、魚、蝦、貝類等消費者在此直接或間接的依靠它們。此外，紅樹林提供動物棲息的場所，保育紅樹林不僅維持海岸河口生態的平衡，更保護了候鳥及其它動物的棲息地。

2.環境保護功能：紅樹林植物不僅可以保護海岸及河岸，使其不受海浪直接沖擊，有些具有呼吸根和支柱根，極具水土保持之功效，以往漁民在塭岸種植紅樹林，主要乃著眼於其維護堤岸的效果。近年研究顯示紅樹林濕地對各種有毒物質具有過濾性及營養物質的保存庫，為海洋河口最佳之濾水系統，因此紅樹林一但被砍除，河口堤岸將失去水土保持功能及水質淨化功能，甚至會被海浪沖刷殆盡，影響生態系之平衡。

3.學術教育功能：紅樹林海岸地區具特殊生態系，是最佳的自然環境教育場所，觀察後讓人體會大自然奧秘，進而喜愛親近自然及醞育人們環境保護之心。

4.經濟功能：紅樹林具有數種經濟利益，其樹皮可萃取單寧及染料，木材可供做建材、家具及薪炭材。此外紅樹林地區提供魚蝦貝類飼育繁殖環境，枯枝落葉可提供為食物來源以節省水產養殖成本。最重要的是其特殊景觀，許多國都將其規劃為觀光資源區，可為國家帶來大量觀光財富。

紅樹林沙洲常見生物包括環節動物、軟體動物、甲殼動物、魚類與鳥類。這些生物在濕地中扮演著不同的角色，和紅樹林濕地中的植物一起交織出複雜的食物網。

## 第二節 台灣的招潮蟹

### 2-1 分類地位

世界上已記錄的招潮蟹約有一百種，在分類上為沙蟹科 (Ocypodidae) 的招潮蟹屬 (*Uca*)，而台灣記錄有九種與一個亞種，包括屠氏招潮蟹 (*Uca dussumieri dussumieri*)、弧邊招潮蟹 (*Uca arcuata*)、窄招潮蟹 (*Uca coarctata coarctata*)、四角招潮蟹 (*Uca tetragonon*)、台灣招潮蟹 (*Uca formosensis*)、北方呼喚招潮蟹 (*Uca vocans borealis*)、粗腿綠眼招潮蟹 (*Uca chlorophthalmus crassipes*)、三角招潮蟹 (*Uca triangularis triangularis*)、清白招潮蟹 (*Uca lactea lactea*) 與糾結清白招潮蟹 (*Uca lactea perplexa*)；台南常見的招潮蟹有弧邊招潮蟹、台灣招潮蟹、北方呼喚招潮蟹、三角招潮蟹、清白招潮蟹，其體色、棲所與潮水位分布各有不同 (Table. 1)。

### 2-2 外部特徵

招潮蟹外形大致可區分為頭胸部、腹部及附屬肢三部份，二螯八足是其最明顯的形態構造，從招潮蟹的螯足與腹部的不同可以直接判別雌雄，其中招潮蟹雄蟹的螯足大小不同為重要特徵，而雄蟹的腹部為狹長形；雌蟹的腹部為圓弧形，招潮蟹的背腹面形態如 (Fig.1)。其中弧邊招潮蟹、台灣招潮蟹、北方呼喚招潮蟹、三角招潮蟹、清白

招潮蟹的細部特徵有著些許差異，包括前額的寬窄、大螯可動指外表之溝數量、大螯不動指外表之溝數量、雌螯指節齒式、前側緣、掌節外形與步足長節差異 (Table 2)。

### 2-3 棲地類型與分布

招潮蟹的分布範圍大約為南北緯 35° 之間，主要棲息在熱帶及亞熱帶的潮間帶，招潮蟹的洞穴不一定每天都會被海水淹蓋或是一直暴露在空氣中，基質的形式從泥到含少量黏土的沙都有可能，其棲地類型更包括瀉湖、沼澤、草澤、珊瑚礁岸與紅樹林沙洲等。

台灣泥灘地形是大多數招潮蟹的棲息地，包括以紅樹林沙洲為主要棲息地，樹林深處長期被遮蔽的地方則不會有招潮蟹棲息；但也不是所有台灣產的招潮蟹皆棲息在以泥灘基質為主的棲地，四角招潮蟹則棲息在珊瑚礁或岩礁向內陸的沙質地，洞穴常覆蓋破碎的貝殼、石子或死珊瑚之下，有時也會發現在珊瑚礁石的裂縫處。

蟹類在溼地生態系統中扮演著重要的角色，從生物量及物種數上來看蟹類是紅樹林中的最重要的底棲大型無脊椎動物 (Robertson, 1987; Lee, 1998; Hartnoll et al., 2002)。其中蟹類藉由被陸生的鳥類、海生的魚類及無脊椎動物消費，來串聯海陸之間的能量流 (Skov and Hartnoll, 2001; Skov et al., 2002; Litulo, 2004)。蟹類在挖洞與攝食的過

程中，可促使底層和表層的物質相混，並可增加底土的含氧量，改善基質的缺氧狀態，而攝食所分解的碎屑亦可提供植物養分，以利於植物生長（Bertness, 1985；Takeda and Kurihara, 1987）。而招潮蟹更是紅樹林的底棲優勢族群(Hartnoll et al., 2002)。

對於蟹類族群密度的調查方法，除了較費時的挖掘法（Litulo, 2005），較常被採用的是計算洞口數法（Icely and Jones, 1978；Bertness and Miller, 1984；Mouton and Felder, 1996；郭，2001）與計算地面活動的個體數法（Golley et al., 1962；史等，1992）。計算洞口數法較方便與快速，但容易發生人為誤判，或是有些蟹種的洞穴不明顯，也會因為不同蟹種的空洞率不同而與實際個體數有所差異。相對的，計算地面活動個體數的方法，其人為誤判率較低，但會因不同蟹種的不同生態習性而有所差異，在計算地面活動的個體數時，其適合的觀察距離與時間也就有可能有差異（Nobbs and McGuinness, 1999；郭，2001）。

影響招潮蟹分布的原因相當多，如該區的溫度、底質的組成、植根密度與食物豐富度等重要因子（Murai et al., 1982；Bertness and Miller, 1984；Genoni, 1991）。灘地上植被的存在可以減少招潮蟹被捕食的機會（Salmon, 1984；Lee and Kneib, 1994），同時植被的遮蔽效果，特別對於高潮位灘地上高溫及蒸發速率等惡劣的物理環境有改

善的效果。在軟質的底泥環境下，植物穩固底床對於蟹類的巢穴有正面的效應，然而在植被根系密度過高的環境下反而會阻礙蟹類築巢（Bertness, 1984），亦有研究指出植被並不提供巢穴在結構上的支撐（Nobbs, 2003）。

底質的狀況也會影響蟹類的分布，包括粒徑、有機質含量、土壤含水量等（Crane, 1975）。國內以招潮蟹對環境因子的研究有北方凹指招潮蟹食性與環境間表土含水量與有機值的探討，結果發現北方凹指招潮蟹食物的組成有季節性的變化（Shih et al, 1996）；分析淡水地區弧邊招潮蟹棲地特徵為沙質壤土（史，1990）；弧邊招潮蟹棲地為沙質壤土與砂質壤土，有機質含量（6-7 %），pH 值接近 7；清白招潮蟹的棲地為砂質壤土，有機質含量為 4%，pH 值為 7（史等，1992）；台灣招潮蟹的棲地特徵為黏質壤土，族群主要棲息於開闊且植被覆蓋率低的高潮位區域，高程介於 1.5-2.5 m，累積靜沒潮時少於 40 小時（施，1999；謝，2007；陳，2008）。

土壤的沉積狀況、土壤的硬度表現與土壤中的有機質含量，對招潮蟹都是相當重要的因子（Ribero et al, 2005）；而土壤粒徑能明顯的顯示出蟹種豐富度，為一相當重要的指標（Frusher, 1994）；再者，土壤的粒徑大小對於招潮蟹在巢穴的選擇有一定的影響力（Croll and McClintock., 2000）。土壤有機質經過潮汐影響後，含量並沒有顯著的

差異，但在不同季節間其含量有差異，以夏季與秋季最低，造成的可能原因是夏季與秋季受到招潮蟹活躍季節的影響，而招潮蟹以土壤中的有機質、微藻與中小型無脊椎動物為食 (Reinsel, 2004)。

### 第三節 研究動機與目的

七股溪口紅樹林沙洲為重要鳥類棲息地，適合賞鳥及賞蟹並設有賞鳥亭，但其沙洲上的招潮蟹種類及分布並不清楚。又台灣的招潮蟹相關研究鮮少著重於蟹類密度與微棲地環境因子的探討，對於招潮蟹棲息環境主要以定性的描述為主，對於定量的分析比較缺乏，因此，本研究將藉由調查七股溪口紅樹林沙洲招潮蟹的種類及分布，並分析其環境因子狀況，以了解紅樹林沙洲招潮蟹密度之影響因子。



## 第二章 材料與方法

### 第一節 研究地點

本研究地點位於七股溪溪口的紅樹林沙洲 (Fig. 2)，其位於七股鄉龍山村，海寮附近的七股溪出海口，西側臨七股潟湖，為海茄苳所組成的紅樹林沙洲，依內政部在 1986 年「台灣沿海地區自然環境保護計畫」已規劃為重要鳥類棲息地，台南縣政府亦在鄰近的龍雄三橋週邊，設有兩座大型賞鳥亭，供民眾欣賞沙洲內的鷺鷥營巢區，其鄰近的溼地包括了七股潟湖、七股鹽田和曾文溪口，此區域有廣大的潟湖與鹽田地形吸引數量龐大的度冬水鳥：鷗鷺、黑嘴鷗、黑腹燕鷗等。魚貝類資源也非常豐富，研究調查指出本區至少 125 種魚類、73 種貝類(薛, 1995b)。其沙洲形狀為三角形，總面積為 53,597 m<sup>2</sup>，並依其所臨近的水道分為三區，七股河道區長 398 m，小排水溝區長 263.52 m，三股河道區長 203.46 m (Fig. 3)，此紅樹林沙洲泥灘地狹窄，於大潮時期灘地的露出也依季節變化而不同，灘地露出最寬的時期在夏季，冬季則最窄，春秋則居中。

### 第二節 蟹類密度調查方法

#### 計算地面活動個體數法

在三個 2 m × 0.25 m 的樣框設置好後，靜待十分鐘等到多數招潮蟹重新爬出地面活動後，由兩人同時進行目視計數，並取最高值，



且以望遠鏡為輔，計數順序依序為弧邊招潮蟹、清白招潮蟹、北方凹指招潮蟹、三角招潮蟹，並將雄蟹與雌蟹數量分開紀錄。最後，再紀錄整過程所花的時間。

### 計算洞口數法

在計算地面活動個體數過程結束後，直接計數各樣框內的洞口數，再紀錄整過程所花的時間。

### 挖掘法

在計算洞口數過程結束後，直接將樣框內 2 m × 0.25 m × 0.25 m 的土壤挖出，同時篩選出土壤中的蟹類並分別記錄其種類與雌雄。最後，再紀錄整過程所花的時間 (Photo. 1)。

## 第三節 招潮蟹數量分布及外部形態特徵

### 3-1 調查地點與時間

本研究在 2009 年 3 月至 2009 年 6 月間的大潮日進行採樣，實驗地點位於七股溪溪口的紅樹林沙洲。

### 3-2 調查方法與項目

調查方法為兩人員持鏟子直接挖掘抓取沙洲上的招潮蟹，為時一個小時，然後帶回紀錄種類、雌雄、甲寬、甲長與重量，並判別各種

類的雌蟹是否有抱卵 (Photo. 2)，在紀錄完後全數釋回野外。

### 招潮蟹的形質測量

以游標尺測量招潮蟹的甲寬與甲長至 0.01 公分 (Fig. 1)，體重則以電子秤量測量至 0.01 公克。

### 體重與甲寬與甲高的關係

體重與甲長甲寬的關係可用下式表示：

$$W=aL^b \text{-----}(1)$$

W 為體重(g)，L 為甲長或甲寬(cm)，a 與 b 為常數。

## 第四節 招潮蟹密度與環境因子

### 4-1 調查地點與時間

本研究在 2008 年 7 月至 2009 年 6 月間的大潮日進行採樣，實驗地點位於七股溪溪口的紅樹林沙洲，並依其所臨近的水道分為三區，七股河道區長 398 m，小排水溝區長 263.52 m，三股河道區長 203.46 m，每區設置三條穿越線。期間於 2008 年 8 月及 9 月各有一次颱風干擾實驗。

### 4-2 調查方法與項目

每區規劃三條垂直海岸線的穿越線，穿越線的設置以海茄苳的氣

根分布底界為基準，向上延伸 2 m 與向下延伸 4 m，穿越線總長為 6 m，每條穿越線又以長 2 m，寬 0.25 m 的面積分為三段 (Fig. 4)，其中蟹類與底質的項目樣本數為 3 (河道區) × 3 (穿越線) × 3 (潮水位)，水質項目直接以測定儀於各穿越線所臨水道直接測量取得，其水質樣本數為 3 (河道區) × 3 (穿越線)。

### 蟹類計數

在穿越線設置好後，靜待十分鐘待多數招潮蟹重新爬出地面活動後，兩人開始進行目視計數並取最高值，且以望遠鏡為輔，計數順序依序為弧邊招潮蟹、清白招潮蟹、北方凹指招潮蟹、三角招潮蟹，並將雄蟹與雌蟹數量分開紀錄。招潮蟹密度估算，以每段穿越線所採集之同種的雄蟹個體數與雌蟹個體數總和除以每段穿越線所涵蓋面積 0.5 m<sup>2</sup> 來求得。

### 底質項目

含水量：各樣區的底泥以鏟子收集深度約 10 cm 之表層底泥後，低溫保存帶回實驗室取 25 g (W<sub>1</sub>) 放入烘箱中以 110 °C 烘乾 24 小時，冷卻 2 小時後，秤重得其乾重 (W<sub>2</sub>)，參考環保署公布之 NIEA S280.61C 測定風乾後底泥之土壤水分含量 (%)。

$$\text{含水量}(\%) = (W_1 - W_2) / W_2 \times 100 \text{-----}(2)$$

有機質含量：底泥的有機物含量參考 Brettar and Hofle<sup>(58)</sup>之分析方法。取風乾土 5 g(W3)，放入灰化爐中以 550 °C 加熱 4 小時，冷卻 2 小時，使之完全灰化剩下無機質秤重 W4，得有機質含量(%)。

$$\text{有機質含量(\%)} = \frac{W_3 - W_4}{W_3} \times 100 \text{-----(3)}$$

粒徑及泥沙比之測量，取風乾後搗碎去除雜質的土壤樣本 1g，置入離心管並加入蒸餾水，經充分震盪後置入離心機以 4500 r/min 之轉速持續 5 分鐘後，去除離心管中上層液以洗去鹽分。接著加入 10 ml 15% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 放入超因波震盪器 30 min 後靜置數天，使 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和有機物充分反應後以去除有機質。將樣本離心捨棄上層液後再加入 7.5 ml 10% HCl 放入超因波震盪器 30 min 後靜置數小時以去除樣本中的碳酸鹽。最後將樣本離心捨棄上層液後加入 10 ml 1% 六偏磷酸鈉 ((NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>) 作為分散劑，將樣本置於旋轉震盪器攪拌後靜置一天後，放入雷射粒徑分析儀(型號 LS-13 320)進行分析。粒徑為中值粒徑，粒徑 62-250 μm 為細砂，4-62 μm 則為泥 (Table 3. )。

#### 水質項目

水質因子主要收集水溫(°C)、pH 值、鹽度(‰)、溶氧(mg/L)，並以攜帶式的水質測定儀(sensION156)於各穿越線所臨水道直接測量取得(謝，2005)。

## 第五節 資料處理

1. 利用 three-way ANOVA 比較在不同月份、河道區、潮位下招潮蟹密度是否有差異，若有差異再以 Duncan 進行兩兩比較 ( $\alpha=0.05$ )。

$$X_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}, i=12, j=3, k=3, l=3 \text{-----}(4)$$

$\mu$ =族群均值， $\alpha_i$ =月別效應， $\beta_j$ =河道區效應， $\gamma_k$ =潮位效應，  
 $(\alpha\beta)_{ij}$ =月別、河道區交感效應， $(\alpha\gamma)_{ik}$ =月別、潮位交感效應，  
 $(\beta\gamma)_{jk}$ =河道區、潮位交感效應， $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ =月別、河道區、潮位交感效應， $\varepsilon_{ijkl}$ =試驗誤差

2. 利用 two-way ANOVA 比較在不同月份，河道區下水質因子是否有差異，若有差異再以 Duncan 進行兩兩比較 ( $\alpha=0.05$ )。

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}, i=12, j=3, k=3 \text{-----}(5)$$

$\mu$ =族群均值， $\alpha_i$ =月別效應， $\beta_j$ =河道區效應， $(\alpha\beta)_{ij}$ =月別、河道區交感效應， $\varepsilon_{ijk}$ =試驗誤差

3. 利用 three-way ANOVA 比較在不同月份，河道區，潮位下底質因子是否有差異，若有差異再以 Duncan 進行兩兩比較 ( $\alpha=0.05$ )。

$$X_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}, i=12, j=3, k=3, l=3 \text{-----}(6)$$

$\mu$ =族群均值， $\alpha_i$ =月別效應， $\beta_j$ =河道區效應， $\gamma_k$ =潮位效應，  
 $(\alpha \beta)_{ij}$ =月別、河道區交感效應， $(\alpha \gamma)_{ik}$ =月別、潮位交感效應，  
 $(\beta \gamma)_{jk}$ =河道區、潮位交感效應， $(\alpha \beta \gamma)_{ijk}$ =月別、河道區、潮  
 位交感效應， $\varepsilon_{ijkl}$ =試驗誤差

4. 利用主成分分析法(Principle Component Analysis)來分析七股溪口沙洲上各環境因子在環境變異上的貢獻度。主成分分析法是一種多變量統計方法，可將許多相關的變數轉換成新的獨立變數，這些新的變數為原變數的線性組合。分析方法為找出原有變數的線性組合，算出共變異數矩陣 S 及相關矩陣分析 R，求出 S 與 R 的特徵值(eigenvalue)、特徵向量(eigenvector)、貢獻度(proportion)和累積貢獻度(cumulative proportion)。各主成分得點之計算公式如下(Johnson and Wichern, 1998)：

$$Z_i = \sum_{j=1}^n E_{ij} \times S_{ij} \text{-----}(7)$$

$Z_i$ =第 i 個主成分得點， $E_{ij}$ =第 i 個主成分得點之第 j 個因子的特徵向量， $S_{ij}$ =第 i 個主成分得點之第 j 個因子的標準化值，其中

$$\sum E_{ij}^2 = 1$$

再將特徵值依大小順序排列，設分別為  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ ，求出對應的單位特徵向量  $a_1, a_2, \dots, a_p$ ，其中  $a_i \cdot a_i = 1$  且  $a_i \cdot a_j = 0$ ，則

$$y_1 = a_1 X = a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1p} X_p \quad \text{為第一主成分}$$

$y_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p$  為第二主成分

.....

$y_p = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p$  為第 p 主成分

接著再簡化多變量資料的變數個數並求出解釋的變異比例，若只取最大的 q 個主成分替代原有的 p 個變數，則這 q 個主成分解釋的變異比例為：

$$R^2 = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_q}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_q}{p} \text{-----}(8)$$

當所能夠解釋的變異比例值越高，顯示這 q 個主成分所能解釋各因子與目的變數之間的可信度愈高。



### 第三章 結果

#### 第一節 蟹類密度調查方法

蟹類密度調查方法在數量上是計算洞口數法 ( $29.3 \pm 4.9$ ) > 計算地面活動個體數法 ( $13.7 \pm 4.5$ ) > 挖掘法 ( $8.3 \pm 2.5$ )；不同方法所花費的時間是挖掘法 ( $23.7 \pm 1.5$ ) > 計算地面活動個體數法 ( $14.7 \pm 0.3$ ) > 計算洞口數法 ( $5.1 \pm 0.3$ )；就效率上來說是計算洞口數法 ( $5.8 \pm 1$ ) > 計算地面活動個體數法 ( $0.9 \pm 0.3$ ) > 挖掘法 ( $0.36 \pm 0.13$ ) (Table 4)。其中計算洞口數法不能分辨為何種蟹類所棲息的洞穴，而計算地面活動個體數法與挖掘法皆可以直接分辨蟹種、數量與雌雄。

綜合以上結果顯示「計算地面活動個體數法」不但可以分辨蟹種、數量與雌雄，且花的時間少於挖掘法所花的時間，較具效率且對棲地與蟹類的傷害最小，是適合此紅樹林沙洲的蟹類族群密度估算方法。

#### 第二節 招潮蟹數量分布及外部形態特徵

本研究捕獲四種招潮蟹，包括弧邊招潮蟹(Photo. 3)、清白招潮蟹(Photo. 4)、北方凹指招潮蟹(Photo. 5)與三角招潮蟹(Photo. 6)。

**弧邊招潮蟹：** 採集到 82 隻弧邊招潮蟹中，雌蟹 22 隻與雄蟹 60 隻，



雌蟹甲寬範圍介於 0.88~2.8 cm，甲長介於 0.53~1.94 cm，體重介於 0.17~5.89 g；雄蟹甲寬介於 0.72~3.33 cm，甲長介於 0.4~2.11 cm，體重介於 0.12~14. g。

雌蟹甲寬介於 1.8~2.4 cm 之族群，約佔 50%，甲寬大於 2.4 cm 以上僅有 4 隻，約佔 18%；雄蟹的甲寬介於 1.8~3 cm 之個體，約佔 55%，甲寬大於 3 cm 以上僅有 16 隻，約佔 27% (Fig. 5)。另外，弧邊招潮蟹於 2009 年 3 月有捕獲一隻抱卵之雌蟹。

體重與甲寬及甲長的關係

由採集到的 82 隻弧邊招潮蟹的體重(g)，甲長(cm)與甲寬(cm)資料，分別求得雌蟹與雄蟹體重對甲長與甲寬的關係式(Fig. 6,7)如下：

弧邊招潮蟹雌蟹

$$1. W_1 = 1.4988 L_1^{2.5266} \text{-----}(9)$$

$$2. W_1 = 0.2773 L_2^{2.8969} \text{-----}(10)$$

$W_1$  為體重(g)， $L_1$  為甲長(cm)， $L_2$  為甲寬(cm)。

弧邊招潮蟹雄蟹

$$1. W_2 = 2.2141 L_3^{2.7283} \text{-----}(11)$$

$$2. W_2 = 0.3558 L_4^{3.0164} \text{-----}(12)$$

$W_2$  為體重(g)， $L_3$  為甲長(cm)， $L_4$  為甲寬(cm)。

清白招潮蟹：採集到 94 隻清白招潮蟹中，雌蟹 30 隻與雄蟹 64 隻，

雌蟹甲寬介於 0.54~1.41 cm，甲長介於 0.3~1.26 cm，體重介於 0.07~1.1 g；雄蟹甲寬介於 0.5~1.69 cm，甲長介於 0.2~1.05 cm，體重介於 0.09~2.6 g。

雌蟹的主要甲寬為介於 0.9~1.2 cm 之個體，約佔總樣本 63 %，甲寬大於 1.2 cm 以上僅有 3 隻，約佔總樣本 10 %；雄蟹的主要甲寬為介於 0.9~1.5 cm 之個體，約佔總樣本 73 %，甲寬大於 1.5 cm 以上僅有 6 隻，約佔總樣本 9 % (Fig. 8)。另外，於 2009 年 3 月、4 月與 6 月各捕獲 1 隻、2 隻與 1 隻抱卵之雌蟹。

#### 體重與甲寬及甲長的關係

由採集到的 94 隻清白招潮蟹的體重(g)，甲長(cm)與甲寬(cm)資料，分別求得雌蟹與雄蟹體重對甲長與甲寬的關係式(Fig 9,10)如下：

#### 清白招潮蟹雌蟹

$$1. W_3 = 0.6376 L_5^{1.3033} \text{-----}(13)$$

$$2. W_3 = 0.3319 L_6^{2.5253} \text{-----}(14)$$

$W_3$  為體重(g)， $L_5$  為甲長(cm)， $L_6$  為甲寬(cm)。

#### 清白招潮蟹雄蟹

$$1. W_4 = 1.428 L_7^{1.6704} \text{-----}(15)$$

$$2. W_4 = 0.4393 L_8^{2.7984} \text{-----}(16)$$

$W_4$  為體重(g)， $L_7$  為甲長(cm)， $L_8$  為甲寬(cm)。

北方凹指招潮蟹：採集到 18 隻北方凹指招潮蟹中，雌蟹 10 隻與雄蟹 8 隻，雌蟹甲寬介於 1.2~2.38 cm，甲長介於 0.99~1.5 cm，體重介於 0.75~3.76 g；雄蟹甲寬介於 1.24~2.4 cm，甲長介於 0.86~1.55 cm，體重介於 1.85~7.35 g。

雌蟹的主要甲長為介於 1.2~1.4 cm 之個體，約佔總樣本 50%，甲長大於 1.4 cm 以上僅有 2 隻，約佔總樣本 20%；雄蟹的主要甲長為介於 1.4~1.6 cm 之個體，約佔總樣本 50% (Fig. 11)。另外，北方凹指招潮蟹則於 2009 年 6 月捕獲 2 隻抱卵之雌蟹。

#### 體重與甲寬及甲長的關係

由採集到的隻北方凹指招潮蟹的甲寬(cm)，甲長(cm)與體重(g)資料，分別求得雌蟹與雄蟹甲寬與甲長對體重的關係式(Fig 12,13)如下：

#### 北方凹指招潮蟹雌蟹

$$1. W_5 = 1.0429 L_9^{3.0231} \text{-----}(17)$$

$$2. W_5 = 0.7249 L_{10}^{1.6363} \text{-----}(18)$$

$W_5$  為體重(g)， $L_9$  為甲長(cm)， $L_{10}$  為甲寬(cm)。

#### 北方凹指招潮蟹雄蟹

$$1. W_6 = 2.0237 L_{11}^{2.0196} \text{-----}(19)$$

$$2. W_6 = 1.1185 L_{12}^{0.4068} \text{-----}(20)$$

$W_6$  為體重(g)， $L_{11}$  為甲長(cm)， $L_{12}$  為甲寬(cm)。

三角招潮蟹只於 2009 年的四月捕獲一隻雄蟹，捕獲地點為高潮

位區域的氣根區，其體重為 0.26 g，甲寬為 1.35 cm，甲長為 0.58 cm。

### 第三節 招潮蟹密度與環境因子

#### 招潮蟹密度

穿越線採樣法共紀錄到了弧邊招潮蟹，清白招潮蟹與北方凹指招潮蟹，其中弧邊招潮蟹與清白招潮蟹在三區均有分布；北方凹指招潮蟹則在七股溪河道區與三股溪河道區有分布。

弧邊招潮蟹密度在七股溪河道區於 2008 年 7 月最高 (3.33 ind./m<sup>2</sup>)，最低則於 2008 年 11 月至 2009 年的 3 月最低 (0 ind./m<sup>2</sup>)；小排水溝區的弧邊招潮蟹密度於 2008 年 4 月最高 (5.11 ind./m<sup>2</sup>)，最低則於 2008 年 10 月至 2009 年的 3 月最低 (0 ind./m<sup>2</sup>)；三股溪河道區的弧邊招潮蟹密度於 2009 年 5 月最高 (8.44 ind./m<sup>2</sup>)，最低則於 2009 年的 1 月最低 (0 ind./m<sup>2</sup>) (Fig. 14)。弧邊招潮蟹密度於三股溪河道區 (3.13 ind./m<sup>2</sup>) > 小排水溝區 (1.5 ind./m<sup>2</sup>) > 七股溪河道區 (0.65 ind./m<sup>2</sup>)；弧邊招潮蟹密度在潮水位上則是高潮位 (3.31 ind./m<sup>2</sup>) > 中潮位 (1.4 ind./m<sup>2</sup>) > 低潮位 (0.56 ind./m<sup>2</sup>) (Fig. 15)。弧邊招潮蟹的密度變化經 Three-Way ANOVA 檢定後在月份、河道區與潮水位皆達顯著差異，且月份、河道區及潮位間有交互作用存在 (Table 5)。

清白招潮蟹密度在七股溪河道區於 2008 年 7 月最高 (2 ind./m<sup>2</sup>)，

最低則於 2008 年 9 月至 2009 年的 5 月最低 ( $0 \text{ ind./m}^2$ ); 小排水溝區  
的清白招潮蟹密度於 2008 年 4 月最高 ( $2 \text{ ind./m}^2$ ), 最低則於 2008  
年 7 月至 2009 年的 3 月與 2009 年的 5 月至 6 月最低 ( $0 \text{ ind./m}^2$ ); 三  
股溪河道區的清白招潮蟹密度於 2009 年 5 月最高 ( $4.22 \text{ ind./m}^2$ ), 最  
低則於 2008 年的 11 月至 2009 年 2 月最低 ( $0 \text{ ind./m}^2$ ) (Fig. 16)。其  
中清白招潮蟹密度於三股溪河道區 ( $1.09 \text{ ind./m}^2$ ) > 七股溪河道區  
( $0.28 \text{ ind./m}^2$ ) 與小排水溝區 ( $0.11 \text{ ind./m}^2$ ); 清白招潮蟹密度在潮  
水位上則是高潮位 ( $0.93 \text{ ind./m}^2$ ) > 中潮位 ( $0.43 \text{ ind./m}^2$ ) 與低潮位  
( $0.13 \text{ ind./m}^2$ ) (Fig. 17)。清白招潮蟹的密度變化經 Three-Way  
ANOVA 檢定後在月份、河道區與潮水位皆達顯著差異, 且除了月份  
與潮位及河道區與潮位沒有交感, 其餘皆有交感存在 (Table 6)。

北方凹指招潮蟹僅在 2008 年 7 月七股溪河道區的第三條穿越線  
低潮位記錄到 4 ( $\text{ind./m}^2$ ); 2009 年 4 月三股溪河道區的第三條穿越  
線低潮位記錄到 2 ( $\text{ind./m}^2$ ); 2009 年 6 月七股溪口區的第二條穿越  
線中潮位記錄到 4 ( $\text{ind./m}^2$ )。

### 水質環境因子

pH 值在七股溪河道區於 2008 年 10 月有最高值 (8.06), 最低值  
則是在 2008 年九月的 (6.57); 在小排水溝區的 pH 值則是在 2008 年

10月有最高值(8.07)，最低值則是在2008年8月的(6.6)；在三股溪河道區的pH值則是在2009年6月有最高值(8.18)，最低值則是在2008年8月的(6.7)(Fig. 18)。pH值在河道區則是三股溪河道區(7.89) > 小排水溝區(7.75) > 七股溪河道區(7.56)(Fig. 19)。pH值變化經Two-Way ANOVA檢定後在月份與河道區皆達顯著差異，且月份及河道區間有交感存在(Table 7)。

鹽度在七股溪河道區於2009年12月有最高值(22.23)，最低值則是在2008年7月的(13.53‰)；在小排水溝區的鹽度則是在2009年4月有最高值(21.27‰)，最低值則是在2008年7月的(14.43‰)；在三股溪河道區的鹽度則是在2008年9月有最高值(20.83‰)，最低值則是在2008年7月的(11.23‰)(Fig. 20)。鹽度在河道區則是小排水溝區(18.2‰) > 七股溪河道區(17.25‰) > 三股溪河道區(15.76‰)(Fig. 19)。鹽度變化經Two-Way ANOVA檢定後在月份與河道區皆達顯著差異，且月份及河道區間有交感存在(Table 8)。

水溫在七股溪河道區於2008年7月有最高值(34.4℃)，最低值則是在2009年1月的(15.63℃)；在小排水溝區的水溫則是在2008年7月有最高值(30.03℃)，最低值則是在2009年1月的(17.63℃)；在三股溪河道區的水溫則是在2008年7月有最高值(32.26℃)。

°C)，最低值則是在 2009 年 1 月的 (16.2 °C) (Fig. 21)。水溫在河道區則是小排水溝區 (27.06 °C) > 三股溪河道區 (26.44 °C) > 七股溪河道區 (25.79 °C) (Fig. 19)。另外，七股溪河口紅樹林沙洲的平均水溫在變化趨勢上和當地的氣溫變化一致，成季節性變化(Fig. 22)。水溫度變化經 Two-Way ANOVA 檢定後在月份與河道區皆達顯著差異，且月份及河道區間有交感存在 (Table 9)。

溶氧量在七股溪河道區於 2008 年 12 月有最高值 (11.57 mg/L)，最低值則是在 2009 年 3 月的 (2.23 mg/L)；在小排水溝區的溶氧量則是在 2008 年 12 月有最高值 (10.9 mg/L)，最低值則是在 2009 年 3 月的 (4.43 mg/L)；在三股溪河道區的溶氧量則是在 2008 年 12 月有最高值 (11.73 mg/L)，最低值則是在 2009 年 3 月的 (2.93 mg/L) (Fig. 23)。溶氧量在河道區則是三股溪河道區 (6.45 mg/L) > 七股溪河道區 (5.94 mg/L) > 小排水溝區 (5.32 mg/L) (Fig. 19)。溶氧量變化經 Two-Way ANOVA 檢定後在月份與河道區皆達顯著差異，且月份及河道區間有交感存在 (Table 10)。

#### 底質環境因子

含水量在七股溪河道區於 2009 年 2 月有最高值 (50.56 %)，最低值則是在 2009 年 1 月的 (39.21 %)；在小排水溝區的含水量則是

在 2008 年 7 月有最高值 (63.99 %)，最低值則是在 2008 年 9 月的 (29.53 %)；在三股溪河道區的含水量則是在 2008 年 10 月有最高值 (43.24 %)，最低值則是在 2009 年 6 月的 (29.67 %) (Fig. 24)。含水量在河道區則是小排水溝區 (52.8 %) > 七股溪河道區 (41.01 %) > 三股溪河道區 (35.5 %) (Fig. 25)；含水量在潮水位則是低潮位 (44.41 %) 與高潮位 (43.87 %) > 中潮位 (41.03 %) (Fig. 26)。以 three-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲的含水量在月份，河道區及潮位上均有顯著差異，且月份、河道區及潮位間有交互作用存在 (Table 11)。

有機質含量在七股溪河道區於 2009 年 1 月有最高值 (3.51 %)，最低值則是在 2009 年 6 月的 (2.45 %)；在小排水溝區有機質含量則是在 2008 年 7 月有最高值 (4.06 %)，最低值則是在 2008 年 9 月的 (1.91 %)；在三股溪河道區有機質含量則是在 2009 年 3 月有最高值 (4.39 %)，最低值則是在 2009 年 1 月的 (2.15 %) (Fig. 27)。有機質含量在河道區則是小排水溝區 (3.43 %) > 七股溪河道區 (3.03 %) 與三股溪河道區 (2.86 %) (Fig. 25)；有機質含量在潮水位則是高潮位 (3.58 %) > 低潮位 (2.94 %) 與中潮位 (2.81 %) (Fig. 26)。以 three-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲有機質含量在月份，河道區及潮位上均有顯著差異，且月份、河道區及潮位間有交互作用存在。



感存在 (Table 12)。

粒徑在七股溪河道區於 2009 年 6 月有最高值 (98.93  $\mu\text{m}$ )，最低值則是在 2008 年 10 月的 (55.51  $\mu\text{m}$ )；在小排水溝區的粒徑則是在 2008 年 9 月有最高值(97.06  $\mu\text{m}$ )，最低值則是在 2008 年 7 月的(19.25  $\mu\text{m}$ )；在三股溪河道區的粒徑則是在 2009 年 6 月有最高值 (59.32  $\mu\text{m}$ )，最低值則是在 2008 年 12 月的 (39.09  $\mu\text{m}$ ) (Fig. 28)。粒徑在河道區則是七股溪河道區 (74.11  $\mu\text{m}$ ) > 三股溪河道區 (48.4  $\mu\text{m}$ ) > 小排水溝區 (33.93  $\mu\text{m}$ ) (Fig. 25)。粒徑在中潮位 (54.72  $\mu\text{m}$ ) > 低潮位 (51.81  $\mu\text{m}$ ) 及高潮位 (49.91  $\mu\text{m}$ )。以 three-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲的有機質含量在月份，河道區及潮位上均有顯著差異，且月份、河道區及潮位間有交感存在 (Table 13)。

泥沙比在七股溪河道區於 2008 年 10 月有最高值 (1.34 %)，最低值則是在 2009 年 6 月的 (0.39 %)；在小排水溝區的泥沙比則是在 2009 年 6 月有最高值 (4.58 %)，最低值則是在 2008 年 9 月的 (0.48)；在三股溪河道區的泥沙比則是在 2008 年 12 月有最高值(2.35 %)，最低值則是在 2009 年 6 月的 (1.16 %) (Fig. 29)。泥沙比在河道區則是小排水溝區 (3.46 %) > 三股溪河道區 (1.7 %) > 七股溪河道區 (0.8 %) (Fig. 25)。以 three-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲的泥沙比在月份，河道區有顯著差異，但在潮位上則沒有

差異，且月份、河道區間有交感存在 (Table 14)。

#### 七股溪口沙洲環境因子主成分分析結果

將八個環境因子進行主成分分析，結果顯示到第 4 主成份才會累積到總變異的 80% 以上，其中前 3 主成份的特性值都大於 1。主成份 1 中的變異主要來自底質因子，主成份 2 中的變異主要來自水質因子，主成份 3 的變異來自水質因子中的 pH 值 和鹽度，主成份 4 的變異中主要來自水質因子中的水溫 (Table 15)。

接著將水質因子及底質因子分開，分別將水質因子與底質因子進行主成分分析。水質因子的主成分分析發現必須要到第 3 主成份才會累積到總變異的 80% 以上，其中前兩主成份的特性值都大於 1。主成份 1 中的變異主要來自全部的水質因子，主成份 2 中的變異主要來自 pH 值和鹽度，主成份 3 的變異來自 pH 值和溫度 (Table 16)。

底質因子的主成分分析發現必須要到第 2 主成份才會累積到總變異的 80% 以上，其中只有第一主成份的特性值都大於 1。主成份 1 中的變異主要來自全部的底質因子，主成份 2 中的變異主要來自有機物含量 (Table 17)。

## 第四章 討論

### 4-1 蟹類密度調查方法

對於蟹類族群密度的估算所採用的方法大致可分為：挖掘法（蘇及呂，1984）、計算地面活動個體數法（史，1990；史等，1992；陳，2008）與計算洞口數法（郭，2001）三種。挖掘法需要較多的人力與時間，且會對棲地造成破壞，並常常在挖掘的時候對蟹類造成傷害；計算地面活動個體數法與計算洞口數法所需花費的時間與人力較少，但常因各蟹種不同的習性而影響調查結果。

本研究在三個不同方法對蟹類密度所調查的結果，在三個樣框內的密度結果皆是計算洞口數法 > 計算地面活動總個體數法 > 挖掘法；而在三個不同方法所需花費的時間，在三個樣框皆是挖掘法 > 計算地面活動總個體數法 > 計算洞口數法。

其中地表洞口因為不能判別為何種蟹種所有，所以不可直接辨別種類、雌雄與密度，也可能為非實驗對象蟹種所有而較不具代表意義，且對大部分在灘地上築洞而居的蟹類而言，地面活動的個體數通常會比洞口數少（Crane, 1975；Frith and Brunenmeister, 1980；史等，1992；郭，2001），造成蟹洞比小於一有許多可能的原因，例如某些蟹類在退潮時常常會成群到較低的潮位覓食，漲潮後再回到原來棲息的潮位，此時便會開始競爭洞穴，大部分的個體為節省能量會

選擇搶佔洞穴，除非潮水淹至，不得已才會選擇挖掘新洞穴 (Crane, 1975; Nakasone, 1982)，但是在競爭結束後而未被佔據的洞穴，如果洞穴夠堅固，在每一次的漲退潮後，洞穴就會比實際個體數多。另外，不同招潮蟹種類因其習性不同，所造成的空洞率與空洞殘存率也會不同，其中清白招潮蟹的空洞率最低 (4.9%)、空洞存留率為 0%；相對的網紋招潮蟹與北方凹指招潮蟹的空洞率較高 (34.2%、34.4%)，且前者的空洞留存率 (61.5%) 明顯高於後者 (5.9%) (郭, 2001)。雖然計算洞口數法較節省時間，但因其不同蟹種的空洞率與空洞留存率，不適用於非單一蟹類棲地的環境。

另外在計算地面活動個體數法與挖掘法的比較下，此兩種方法皆可以直接辨別種類、雌雄與密度，皆為適合非單一蟹種棲息的棲地調查方法，計算地面活動個體數法所得的總個體數高於挖掘法所得的總個體數，可能造成的原因為不同招潮蟹所挖掘的洞穴深度不一，且實驗挖掘過程中所設定的深度不夠所導致；而計算地面活動個體數法較於挖掘法省時，並且對棲地的破壞最小，所以「計算地面活動個體數法」為最有效率且最適合本研究地點的採樣方法。

#### 4-2 招潮蟹外部形態特徵

本研究在 2009 年 3 月至 2009 年 6 月間共捕獲四種招潮蟹，包括

弧邊招潮蟹、清白招潮蟹、北方凹指招潮蟹與三角招潮蟹，其中捕獲 82 隻弧邊招潮蟹、94 隻清白招潮蟹、18 隻北方凹指招潮蟹，而三角招潮蟹只於 2009 年的四月捕獲一隻雄蟹，可能的原因為其野外的數量少及分布不均勻所致；另外，可能的原因為三角招潮蟹的習性較偏向昏睡的 (Lethargic)，也就是不活躍的蟹種，所以只發現並採集到一隻雄蟹而已。三角招潮蟹在台灣只在屏東的保力溪口與台東的都蘭灣發現過，本種的最早的紀錄地點為屏東保力溪河口 (王，1984)。

當雌蟹排卵時，卵經過受精囊而受精，受精卵再送到腹肢，卵粒會黏附在腹肢上，稱為抱卵，是否抱卵從外觀及可直接判定。弧邊招潮蟹於 2009 年 3 月有捕獲一隻抱卵之雌蟹；清白招潮蟹於 2009 年 3 月、4 月與 6 月各捕獲 1 隻、2 隻與 1 隻抱卵之雌蟹；北方凹指招潮蟹則於 2009 年 6 月捕獲 2 隻抱卵之雌蟹。可以藉此推測這些招潮蟹蟹種的繁殖時期，但又因大多數的招潮蟹種雌蟹在抱卵時會待在洞穴深處，所以若要更清楚的知道各種招潮蟹的繁殖季需更詳細的挖掘與更長時間的調查，會更具周全。其中弧邊招潮蟹的生殖週期為 1~3 月及 6~8 月兩次 (張等，1985)。

七股溪口紅樹林沙洲的招潮蟹其甲寬及甲長和體重均呈現乘冪函數類型，且弧邊招潮蟹與清白招潮蟹的甲寬與體重間呈現高度相關；而北方凹指招潮蟹甲長與體重的相關度則相較於甲寬與體重的相

關度高。所以在弧邊招潮蟹與清白招潮蟹的體頻分布圖以甲寬來表示；而北方凹指招潮蟹的體頻分布圖以甲長來表示較具代表性。

#### 4-3 招潮蟹密度與環境因子

##### 蟹類密度

在 2008 年 7 月至 2009 年 6 月間的穿越線採樣法共紀錄到了弧邊招潮蟹，清白招潮蟹與北方凹指招潮蟹，其中弧邊招潮蟹與清白招潮蟹在七股溪河道區、小排水溝與三股溪河道區均有分布；北方凹指招潮蟹則在七股溪河道區與三股溪河道區有分布，弧邊招潮蟹密度於三股溪河道區 > 小排水溝區 > 七股溪河道區；清白招潮蟹密度於三股溪河道區 > 七股溪河道區與小排水溝區。其中弧邊招潮蟹與清白招潮蟹皆是在三股溪河道區有最高的平均密度，推測「三股溪河道區」較適弧邊招潮蟹與清白招潮蟹棲息。

在潮水位上的分布則是弧邊招潮蟹平均密度在潮水位上則是高潮位 > 中潮位 > 低潮位；清白招潮蟹平均密度在潮水位上則是高潮位 > 中潮位與低潮位，推測「高潮位」較適弧邊招潮蟹與清白招潮蟹棲息。北方凹指招潮蟹則僅分布在中潮位與低潮位。弧邊招潮蟹、清白招潮蟹與北方凹指招潮蟹在潮水位上的分布與郭（2001）相似，弧邊招潮蟹與清白招潮蟹較偏好高潮位，北方凹指招潮蟹則較偏好低潮

位。

其中弧邊招潮蟹與清白招潮蟹在潮水位的分布有重疊，是為共域蟹種。清白招潮蟹的分布偏高潮位，由於清白招潮蟹對高溫的耐受力很強 (Edney, 1962)，且在口器的顎足 (maxilliped) 上，同時具有匙狀剛毛 (Spoon-tipped seta) 和羽狀剛毛 (plumose setae)，使其能分別適應泥質灘地與沙質灘地 (Icely and Jones, 1978)。但是從密度上來探討，弧邊招潮蟹不管在河道區與潮水位皆高於清白招潮蟹，推測可能的原因為本紅樹林沙洲的灘地較狹窄，而喜好分布於高潮位的清白招潮蟹因受較密的氣根視覺阻擋，因而分布數量減少，反而適合弧邊招潮蟹所棲息，所以造成本紅樹林沙洲招潮蟹的分布與其它灘地蟹類比例不一樣的原因。

北方呼喚招潮蟹，主要分布於較低潮位且開闊的沙質灘地 (Crane, 1975)，這樣的分布情形與其對高溫的耐受力有關，因為較靠近水邊棲地較潮濕，可以降低體溫 (Edney, 1962)。口器上的構造限制使其只能分布於底質顆粒較大的沙質灘地 (Icely and Jones, 1978)。

另外，本紅樹林沙洲的招潮蟹密度成季節性變化，不管弧邊招潮蟹、清白招潮蟹與北方凹指招潮蟹均在冬季時 (2008 年 12 月到 2009 年 2 月) 有最低的密度 ( $0 \text{ 隻}/\text{m}^2$ )，然後在春季後 (2009 年 3 月) 招潮蟹密度開始上升，其密度變化符合水溫變化；劇烈天氣變化也是一

項影響招潮蟹密度的重要因子，在 2008 年的 8 月與 9 月分別遇上一次颱風，造成平行主河道的七股溪河道區與小排水溝區的招潮蟹密度下降，其造成原因是因為招潮蟹被大水沖走或遷移尚無法得知，而三股溪河道區的招潮蟹密度則較不受影響，推測原因為三股溪河道垂直主河道而較不受暴雨影響，相對七股溪河道區與小排水溝區為一個較穩定的棲地。

### 環境因子



本研究調查七股溪口紅樹林沙洲的環境中的水質及底質因子。結果顯示七股溪口紅樹林沙洲隨著所面臨的河道不同，明顯構成三個由不同水質及底質因子所組成的棲地環境，將七股溪河道區，小排水溝區，三股溪河道區為不同質的區塊。

劇烈天氣變化也對底質因子造成影響，小排水溝的粒徑於 2008 年 8 月及 9 月出現粒徑異常偏大的情形；小排水溝的泥沙比於 2008 年 8 月及 9 月出現泥沙比異常偏低的情形外，推測為受颱風所影響導致。

經由主成分分析進一步分析七股溪口紅樹林沙洲環境變異可以發現，底質因子是造成七股溪口紅樹林沙洲依面臨水道不同而有所差異的主要變異來源，且含水量、有機質含量、粒徑、泥沙比均佔有相



近的影響力。水質因子是七股溪口沙洲環境變異的第二個重要來源，且 pH 值、鹽度、水溫、溶氧也佔有相近的影響力。因此可以了解，七股溪口紅樹林沙洲由於鄰近七股溪出海口，加上四周環繞具有明顯不同寬度、深淺及流速的水道，造成七股溪口紅樹林沙洲可以被區分成三塊截然不同的棲地環境。

### 招潮蟹密度與環境因子

弧邊招潮蟹與清白招潮蟹的密度皆是在「三股溪河道區」最高，且在潮位上也是「高潮位」分布最多，經由主成分分析七股溪口紅樹林沙洲環境變異可以發現，環境因子中的四個底質因子是造成七股溪口紅樹林沙洲主要變異來源。影響蟹類分布的因素有很多，其中最主要的是底質的狀況，包括粒徑、有機質含量與溼度等 (Crane, 1975)。

三股溪河道區的「粒徑」與「泥沙比」剛好介於七股溪河道區與小排水溝間，其粒徑為  $48.8 \pm 5.68 \mu\text{m}$ ；泥沙比為  $1.7 \pm 0.38\%$  是偏向泥多，所以適合弧邊招潮蟹的棲息，而三股溪河道區的「含水量」則是最低，在採樣的過程中發現三股溪河道區的坡度較陡，且因太陽的走向而日照最強，坡度較陡造成浸沒時間較短與強日照造成蒸散率高，推測有可能為其含水量低的原因。

高潮位的「有機質含量」最高，高潮位除了有機質含量高可以提供招潮蟹更豐富的食物來源外，造成弧邊招潮蟹與清白招潮蟹於高潮位的密度高；也有研究顯示出高潮位的土壤較適合挖築較深、較堅固、安全的洞穴，對於雌蟹會選擇擁有優質洞穴的雄性，並且以其洞穴作為繁殖場所的蟹種而言，在生殖競爭上，雄蟹往底質較穩固的高潮位分布是很重要的 (Christy, 1983)，此外分布在高潮位的個體也可以擁有較多的覓食與求偶時間 (Crane, 1975；Frith and Brunenmeister, 1980)。

另外，本研究的穿越線設置是以氣根分布的最底界為基準，所以高潮位是有氣根分布的區域，植根的分布也可能是影響招潮蟹類的分布，有學者認為植物對於招潮蟹的洞穴在結構上有支撐的效果 (Hutching and Saenger, 1987)。植根要是太密則會影響招潮蟹的社會行為，如揮舞大螯的視覺傳達，而導致無法對同蟹種的訊息傳達 (Salmon, 1987)。而針對招潮蟹的棲地環境與求偶行為進行研究，分別比較不同溼地中裸露與有植被分布，認為不論地表的覆蓋與否，粒徑確實影響招潮蟹巢穴位置的選擇 (Croll and McClintock, 2000)。

「三股溪河道區」相較於七股溪河道區與小排水溝區為較適弧邊招潮蟹與清白招潮蟹所棲息，其分布的弧邊招潮蟹與清白招潮蟹的密度最高，且又以「高潮位」分布最多，底質因子為影響弧邊招潮蟹與

清白招潮蟹密度的重要因子，三股溪河道區的底質環境因子中的粒徑與泥沙比都介於七股溪河道區與小排水溝區之間；而有機質含量則是高潮位最高；含水量則是三股溪河道區最低，而三股溪河道區粒徑為  $48.8 \pm 5.68 \mu\text{m}$ ；泥沙比為  $1.7 \pm 0.38\%$ ；含水量為  $35.5 \pm 4.76 \%$ ；三股溪河道區的高潮位有機質含量則是  $3.56 \pm 0.93 \%$ 。

七股溪口紅樹林沙洲招潮蟹的密度分布主要受到底質因子的影響，未來若想更進一步了解七股溪口紅樹林沙洲招潮蟹族群和環境間的關係更可以將泥灘地的坡度與光照強弱等環境因子納入考量，對七股溪口紅樹林沙洲招潮蟹族群密度的變動可以有更完整掌握及理解。



## 第五章 結論

1. 「目視計算地面活動個體數法」為最有效率且最適合七股溪口紅樹林沙洲招潮蟹族群密度的採樣方法。
2. 七股溪口紅樹林沙洲共棲息著「弧邊招潮蟹」、「清白招潮蟹」、「三角招潮蟹」與「北方凹指招潮蟹」。
3. 七股溪口紅樹林沙洲隨著所面臨的河道不同，明顯構成三個由不同水質及底質因子所組成的棲地環境，將七股溪河道區，小排水溝區，三股溪河道區為不同質的區塊。
4. 底質因子為影響弧邊招潮蟹與清白招潮蟹密度的重要因子，「三股溪河道區」為較適弧邊招潮蟹與清白招潮蟹棲息的河道區，且皆於「高潮位」有最高的密度；此區粒徑為  $48.8 \pm 5.68 \mu\text{m}$ ；泥沙比為  $1.7 \pm 0.38\%$ ；含水量為  $35.5 \pm 4.76\%$ ；高潮位有機質含量則是  $3.56 \pm 0.93\%$ 。

## 謝誌

本文之所以可以順利完成，首先要感謝指導教授 李英周老師在我修讀碩士期間的細心教導，在此致上最崇高的敬意與謝意。此外也感謝台灣大學海洋研究所 蘇志杰老師、中央研究院 陳國勤老師以及海洋大學環境生物與漁業科學學系 何平合老師，在百忙之中給予指正與建議。

實驗過程中，感謝溪南休閒農業區 吳仲常先生、龍海號 林明德先生的協助；也感謝實驗室夥伴惟哲、君翰、秉宏、皇安、榮琦、承容、政達、芷毓、鐘菁、翊誠、哲瑋與敬晟的幫忙與陪伴；同時也感謝那群喜歡海的朋友們的不時關心與鼓勵。

最後，僅將此文獻給摯愛的家人，感謝他們無悔的付出與包容。



## 參考文獻：

- 王嘉祥，1984。墾丁國家公園區域之螃蟹初步調查。台灣省立博物館年刊 27:39-43。
- 史金燾，1990。台灣省淡水紅樹林沼澤區網紋招潮蟹 (*Uca arcuata* De Haan,1835) 族群調查。師大生物學報。25:1-10。
- 史金燾、呂光洋、王嘉祥，1992。淡水紅樹林沼澤區蟹類相及十種蟹類的活動週期。台灣省立博物館年刊。34:121-139。
- 施習德，1994。招潮蟹。國立海洋生物博物館籌備處，高雄市，初版。
- 施習德，1999。以形態、遺傳及生態研究台灣特有種台灣招潮蟹之分類研究。中山大學海洋生物研究所博士論文。
- 陳曉怡，2008。台灣招潮蟹棲地保育之底質特徵探討：以麥寮為例。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。
- 張滿星、李禎傑、史金燾，1985。台灣省淡水紅樹林網紋招潮蟹 (*Uca arcuata*) 卵巢的構造，國立台灣師範大學生物學報 20:37-46。
- 郭惠全，2001。淡水河口溼地蟹類分布之研究。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 謝明奇，2005。自然溼地與人工溼地系統底泥特性之探討。嘉南藥理科技大學環境工程與科學系碩士論文，50-57 頁。

薛美莉，1995a。台灣紅樹林重要生育地調查。紅樹林生態系研討會  
論文集 P.93-106。

薛美莉，1995b。消失中的濕地森林-記台灣的紅樹林。行政院農委會  
特有生物研究保育中心出版。

謝蕙蓮，2007。新竹市客雅水資源回收中心生態復育計畫，中央研究  
院生物多樣性中心執行，新竹市政府委託。

蘇宏仁、呂光洋，1984。淡水紅樹林沼澤區螃蟹種類分布之調查。師  
大生物學報 19:61-70。

Bertness, M. D. and Miller, T., 1984. The distribution and dynamics of  
*Uca pugnax* (Smith) burrows in a new England salt marsh. *J. Exp.*  
*Mar. Biol. Ecol.* 83:211-237.

Bertness, M. D., 1985. Fiddler crab regulation of *Spartina alterniflora*  
production on a New England salt marsh. *Ecology* 66: 1042-1055.

Christy, J. H., 1983. Female choice in the resource-defense mating system  
of sand fiddler crab, *Uca pugilator*. *Behav. Ecol. Socio.* 12:169-180.

Crane, J., 1975. Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: Genus *Uca*.  
Princeton Univ. Press, New Jersey.

Croll, G. A. and McClintock, J. B., 2000. An evaluation of lekking  
behavior in the fiddler crab *Uca* spp. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*  
254:109-121.

Edney, E. B., 1962. Some aspects of the temperature relations of fiddler  
crabs (*Uca* spp.) In: S. W. Tromp (ed.) . *Biometeorology* .79-85.

- Frith, D. W. and Brunenmeister, S., 1980. Ecological and population studies of fiddler crabs( Ocypodidae: Genus *Uca* )on a mangrove shore at Phuket Island, Western Peninsular Thailand. *Crustaceana* 39:157-183.
- Frusher, S. D., R. L. Giddins and T. J. Smith Iii., 1994. Distribution and abundance of Grapsid crabs (Grapsidae) in a mangrove estuary: effects of sediment characteristics, salinity tolerances, and osmoregulatory ability. *Estuaries* 17:647-654.
- Genoni, G. P., 1991. Increased burrowing by fiddler crabs *Uca rapax* Smith Decapoda, Ocypodidae in response to low food supply. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 147:267-275.
- Golley, F., Odum, H. T. and Wilson, R. F., 1962. The structure and metabolism of a Puerto Rican Red Mangrove Forest in May. *Ecology* 43:9-19.
- Hartnoll, R.G., Cannicci, S., Emmerson, W.D., Fratini, S., Macia, A., Mgya, Y.D., 2002. Geographic trends in mangrove crab abundance in East Africa. *Wetl. Ecol. Manag.* 10: 203–213.
- Holme H. A. and A. D. McIntyre. (1971). *Methods for the Study of Marine Benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 334p.
- Hutching, P. and Saenger, P., 1987. *Ecology of Mangroves*. University of Queensland Press, Melbourne.
- Icely, J. D. and Jones, D. A., 1978. Factors affecting the distribution of the Genus *Uca* (Crustacea: Ocypodidae) on an East African Shore. *Estu. Coast. Mar. Sci.* 6: 315-325.



- Johnson, R. A., and Wichern, D. W. (1998). *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 4th ed.: 430-440.
- Lee, S.Y., 1998. Ecological role of grapsid crabs in mangrove ecosystems: a review. *Mar. Freshw. Res.* 49, 335–343.
- Lee, S. Y., and Kneib, R. T., 1994. Effects of biogenic structure on prey consumption by the xanthid crabs *Eurytium limosum* and *Panopeus herbstii* in a salt –marsh. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 104, pp. 39-47.
- Litulo, C., 2004. Reproductive aspects of a tropical population of the fiddlercrab *Uca annulipes* (H.Milne Edwards, 1837) (Brachyura: Ocypodidae) at Costa do Sol Mangrove, Maputo Bay, southern Mozambique. *Hydrobiologia.* 525: 157–173.
- Litulo, C., 2005. Population biology of the fiddler crab *Uca annulipes* (Brachyura: Ocypodidae) in a tropical East Africa mangrove (Mozambique). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 62, 283–290.
- Mouton, E. C., JR. and Felder, D. L., 1996. Burrow distributions and population estimates for the fiddler crabs *Uca spinicarpa* and *Uca longisinails* in a Gulf of Mexico Salt Marsh. *Estuaries.* 19: 51-61.
- Murai, M., Goshima, S., Nagasone, Y., 1982. Some behavioural characteristics related to food supply and soil texture of burrowing habitats observed on *Uca vocans* and *U. lacteal perplexa*. *Mar. Biol.* 66:191-197.
- Nakasone, Y., 1982. Ecology of the fiddler crab *Uca* (*Thalassuca*) *vocans vocans* (Linnaeus) (Decapoda:Ocypodidae) I. Daily activity in warm and cold seasons. *Res. popu. Ecol.* 24:97-109.

- Nobbs, M., 2003. Effects of vegetation differ among three species of fiddler crabs (*Uca spp.*). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 284 : 41– 50.
- Nobbs, M., McGuinness, K.A., 1999. Developing methods for quantifying the apparent abundance of fiddler crabs (Ocypodidae: *Uca*) in mangrove habitats. *Aust. J. Ecol.* 24, 43– 49.
- Reinsel, K. A., 2004. Impact of fiddler crab foraging and tidal inundation on an intertidal sandflat: season-dependent effects in one tidal cycle. *J. Exp. Mar. Bio. Eco.* 313:1-17.
- Ribero. P. D., Iribarne. O. O., Daleo, P., 2005. The relative importance of substratum characteristic and recruitment in determining the spatial distribution of the fiddler crab *Uca uruguayensis* Nobili. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 314:99-111.
- Robertson, A. I., 1987. The determination of trophic relationships in mangrove dominated systems: areas of darkness. *Mangrove Ecosystems of Asia and the Pacific*. AIMS, Townsville. pp.292-304.
- Salmon, M., 1984. The courtship, aggression and mating system of a primitive fiddler crab (*Uca vocans*: Ocypodidae) .*Trans. Zoo. Soci. Lon.* 37:1-50.
- Salmon, M., 1987. On the reproductive behavior of the fiddler crab *Uca thayeri*, with comparisons to *U. pugilator* and *U. vocans*: evidence for behavioral convergence. *J. Crus. Biol.* 7:25-44.
- Skov, M.W., Hartnoll, R.G., 2001. Comparative suitability of binocular observation, burrow counting and excavation for the quantification of the mangrove fiddler crab *Uca annulipes* (H. Milne Edwards). *Hydrobiologia* 449: 201–212.

Skov, M. W., Vannini, M., Shunnula, J.P., Hartnoll, R.G., Cannicci, S.,  
2002. Quantifying the density of mangrove crabs. Ocypodidae and  
Grapsidae. *Mar. Biol.* 141: 725–732.

Shih, J. T., S. F. Wu. and H. F. Wu, 1996. The food habit of the fiddler crab  
*Uca vocans borealis*. *J. Taiwan Mus.* 49:165-176.

Takeda, S. and Kurihara, Y. 1987. The effects of burrowing of *Helice*  
*tridens*( De Haan ) on the soil of a salt-marsh habitat. *J. Exp. Mar. Biol.*  
*Ecol.* 113:79-89.



Table 1. 台南常見招潮蟹簡介

項目	弧邊招潮蟹	清白招潮蟹	三角招潮蟹	北方凹指招潮蟹	台灣招潮蟹
學名	<i>Uca arcuata</i> (De Haan, 1835)	<i>Uca lactea lactea</i> (De Haan, 1835)	<i>Uca triangularis</i> (A. Milne-Edwards, 1873)	<i>Uca vocans borealis</i> (Crane, 1975)	<i>Uca formosensis</i> (Rathbum, 1921)
俗名	大螯先	夯白扇	無	大螯先	無
體色	背甲長有深色的網狀花紋，大螯掌節橙紅色。	背甲多呈白色，大螯白色。	背甲前 2/3 為白或淡橙色，後 1/3 為較深色。	背甲土褐色或灰色，大螯掌節呈黃色。	背甲深褐色，大螯兩指節純白色。
潮位	高潮位	高潮位	高潮位	低潮位	高潮位
棲所	常見於潮溪泥潭處，土質黏而排水不良。	沙質較多而排水良好的土壤。	潮溪泥灘地，有時出現在紅樹林根部。	潮溪或無遮蔽泥灘地。	易乾燥土質堅硬且黏性大。
分布	日本、韓國、中國、台灣、香港、澳洲、新加坡、加里曼丹島、菲律賓。	日本、台灣、中國、香港。	琉球、台灣、菲律賓、印尼、東印度、緬甸到新幾內亞。	香港、台灣及琉球。	台灣

表一.整理自 施習德，1994

Table 2. 台南常見招潮蟹特徵之比較表

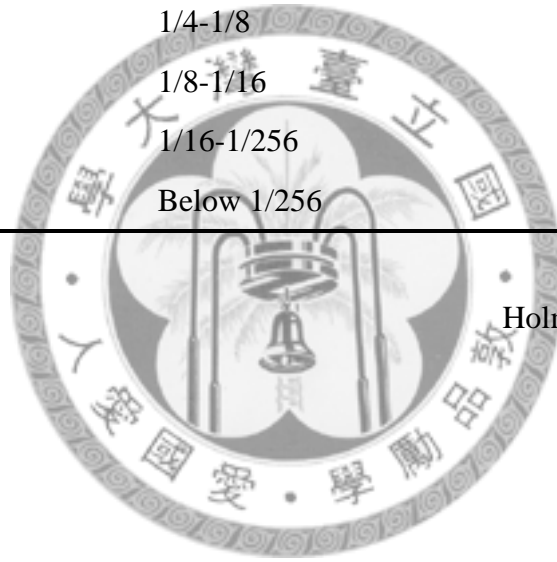
種類	大螯可動 額指外表之 溝	大螯不 動指外表 之溝	雌螯指節齒 式	前側緣	掌節	步足長節
弧邊招 潮蟹	窄 1	1	兩指均有一 大齒	長	有粒狀凸起	四對均寬
北方凹 指招潮 蟹	窄 無	1	無大齒	短而直	有粒狀凸起	四對細長
三角招 潮蟹	寬 2 或不明顯	無	無大齒	短而內彎	平滑	1, 4 細； 2, 3 寬
清白招 潮蟹	寬 無	無	不動指有四 齒	短而直	平滑	前 3 稍 寬, 4 細長
台灣招 潮蟹	窄 無	無	兩指均有一 大齒	長	有粒狀凸起	前三對寬

表二 整理自 施習德，1994。

Table 3. 底質粒度分級標準。

Wentworth grade classification

Name	mm	μm
Boulder	Above 256	
Cobble	256-64	
Pebble	64-4	
Granule	4-2	
Very coarse sand	2-1	2000-1000
Coarse sand	1-1/2	1000-500
Median sand	1/2-1/4	500-250
Fine sand	1/4-1/8	250-125
Very fine sand	1/8-1/16	125-62
Silt	1/16-1/256	62-4
Clay	Below 1/256	<4



Holme and McIntyre, 1971

Table 4. 本研究不同蟹類密度採樣方法結果。

方法	數量	時間	數量/分
計算地表活動個體數法	13.7±4.5	14.7±0.3	0.9±0.3
計算洞口數法	29.3±4.9	5.1±0.3	5.8±1
挖掘法	8.3±2.5	23.7±1.5	0.36±0.13



Table 5. 月別，河道區別，潮位別弧邊招潮蟹密度變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	11	15.9	<.0001
河道區	2	50.76	<.0001
潮位	2	63.73	<.0001
月*河道區	22	6.23	<.0001
月*潮位	22	9.53	<.0001
河道區*潮位	4	11.01	<.0001
月*河道區*潮位	44	4.67	<.0001
誤差	216		
總和	323		

Table 6. 月別，河道區別，潮位別清白招潮蟹密度變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	11	3.51	0.0002
河道區	2	14.11	<.0001
潮位	2	8.29	0.0003
月*河道區	22	3.97	<.0001
月*潮位	22	1.07	0.3802
河道區*潮位	4	2.26	0.0637
月*河道區*潮位	44	1.76	0.0044
誤差	216		
總和	323		



Table 7. 七股溪口紅樹林沙洲月別，河道區別 pH 值變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	11	424.02	<.0001
河道區	2	305.59	<.0001
月*河道區	22	105.5	<.0001
誤差	288		
總和	323		

Table 8. 七股溪口紅樹林沙洲月別，河道區別鹽度變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	11	328.45	<.0001
河道區	2	327	<.0001
月*河道區	22	43.66	<.0001
誤差	288		
總和	323		

Table 9. 七股溪口紅樹林沙洲月別，河道區別水溫變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	11	24360.2	<.0001
河道區	2	1289.65	<.0001
月*河道區	22	168.09	<.0001
誤差	288		
總和	323		

Table 10. 七股溪口紅樹林沙洲月別，河道區別溶氧變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	10	89.15	<.0001
河道區	2	230.95	<.0001
月*河道區	18	39.28	<.0001
誤差	248		
總和	278		

Table 11. 七股溪口紅樹林沙洲月別，河道區別，潮位別含水量變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	11	26.67	<.0001
河道區	2	447.63	<.0001
潮位	2	18.94	<.0001
月*河道區	22	28.45	<.0001
月*潮位	22	5.87	<.0001
河道區*潮位	4	24.27	<.0001
月*河道區*潮位	44	4.41	<.0001
誤差	216		
總和	323		

Table 12. 七股溪口紅樹林沙洲月別，河道區別，潮位別有機質含量變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	11	12.87	<.0001
河道區	2	37.21	<.0001
潮位	2	66.65	<.0001
月*河道區	22	7.83	<.0001
月*潮位	22	3.81	<.0001
河道區*潮位	4	17	<.0001
月*河道區*潮位	44	3.25	<.0001
誤差	214		
總和	321		

Table 13. 七股溪口紅樹林沙洲月別，河道區別，潮位別粒徑變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	11	12.87	<.0001
河道區	2	37.21	<.0001
潮位	2	66.65	0.003
月*河道區	22	7.83	<.0001
月*潮位	22	3.81	<.0001
河道區*潮位	4	17	<.0001
月*河道區*潮位	44	3.25	<.0001
誤差	216		
總和	323		

Table 14. 七股溪口紅樹林沙洲月別，河道區別，潮位別泥沙比變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	11	8.73	<.0001
河道區	2	252.97	<.0001
潮位	2	1.82	0.1652
月*河道區	22	7.78	<.0001
月*潮位	22	1.69	0.0315
河道區*潮位	4	0.88	0.4767
月*河道區*潮位	44	1.91	0.0013
誤差	216		
總和	323		

Table 15. 七股溪口紅樹林沙洲環境因子主成分分析結果的特性向量及特性值。

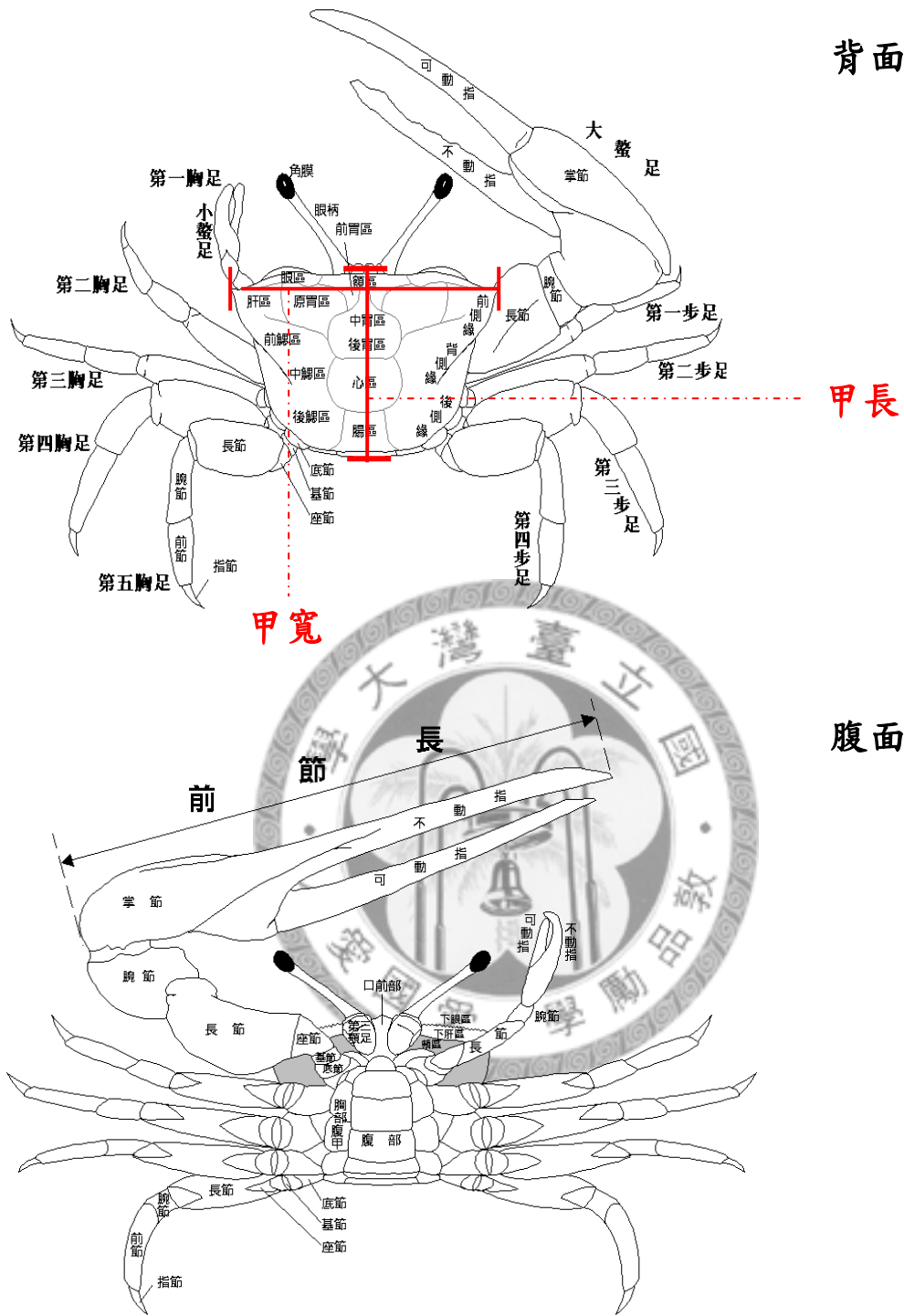
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6	因子 7	因子 8
pH 值	0.008657	0.486405	0.476789	0.652544	-0.19602	0.264203	-0.00166	-0.0443
鹽度	0.062413	-0.29825	0.810959	-0.27853	0.40264	0.060119	0.048226	-0.0621
水溫	0.024088	-0.5917	-0.15605	0.657365	0.280043	-0.0659	0.304376	-0.132
溶氧	-0.25309	0.524983	-0.16258	-0.05259	0.6674	-0.04529	0.425768	-0.04887
含水量	0.49036	0.0449	-0.01041	-0.21206	-0.32401	0.153946	0.693381	-0.32093
有機質含量	0.437524	-0.01433	-0.23881	-0.00919	0.339167	0.741674	-0.24962	0.154367
粒徑	-0.48805	-0.18805	0.041176	-0.0776	-0.22171	0.414389	0.405777	0.577229
泥沙比	0.511194	0.105629	0.07347	0.103137	0.080231	-0.41796	0.126522	0.717183
特徵值	3.128926	1.61631	1.035256	0.765431	0.623641	0.456793	0.251651	0.121992
累積特徵值	3.128926	4.745236	5.780492	6.545923	7.169564	7.626357	7.878008	8
貢獻度(%)	0.3911	0.202	0.1294	0.0957	0.078	0.0571	0.0315	0.0152
累積貢獻度(%)	0.3911	0.5932	0.7226	0.8182	0.8962	0.9533	0.9848	1

Table 16. 七股溪口紅樹林沙洲水質因子主成分分析結果的特性向量及特性值。

	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
pH 值	0.435452	0.554782	0.708941	0.000849
鹽度	-0.3398	0.785487	-0.40636	0.32004
水溫	-0.57236	-0.21904	0.522259	0.593021
溶氧	0.606075	-0.16507	-0.24398	0.738851
特徵值	1.652268	1.014548	0.745005	0.588179
累積特徵值	1.652268	2.666816	3.411821	4
貢獻度(%)	0.4131	0.2536	0.1863	0.147
累積貢獻度(%)	0.4131	0.6667	0.853	1

Table 17. 七股溪口紅樹林沙洲底質因子主成分分析結果的特性向量及特性值。

	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
含水量	0.486589	0.264304	0.799753	-0.23188
有機質含量	0.461348	0.731647	-0.48061	0.144453
粒徑	-0.51962	0.436166	0.358017	0.641541
泥沙比	0.52951	-0.45232	0.035146	0.71679
特徵值	2.946311	0.516588	0.4053	0.131801
累積特徵值	2.946311	3.462899	3.868199	4
貢獻度(%)	0.7366	0.1291	0.1013	0.033
累積貢獻度(%)	0.7366	0.8657	0.967	1



背面

甲長

甲寬

腹面

Fig.1 招潮蟹形態圖 (施習德, 1994)

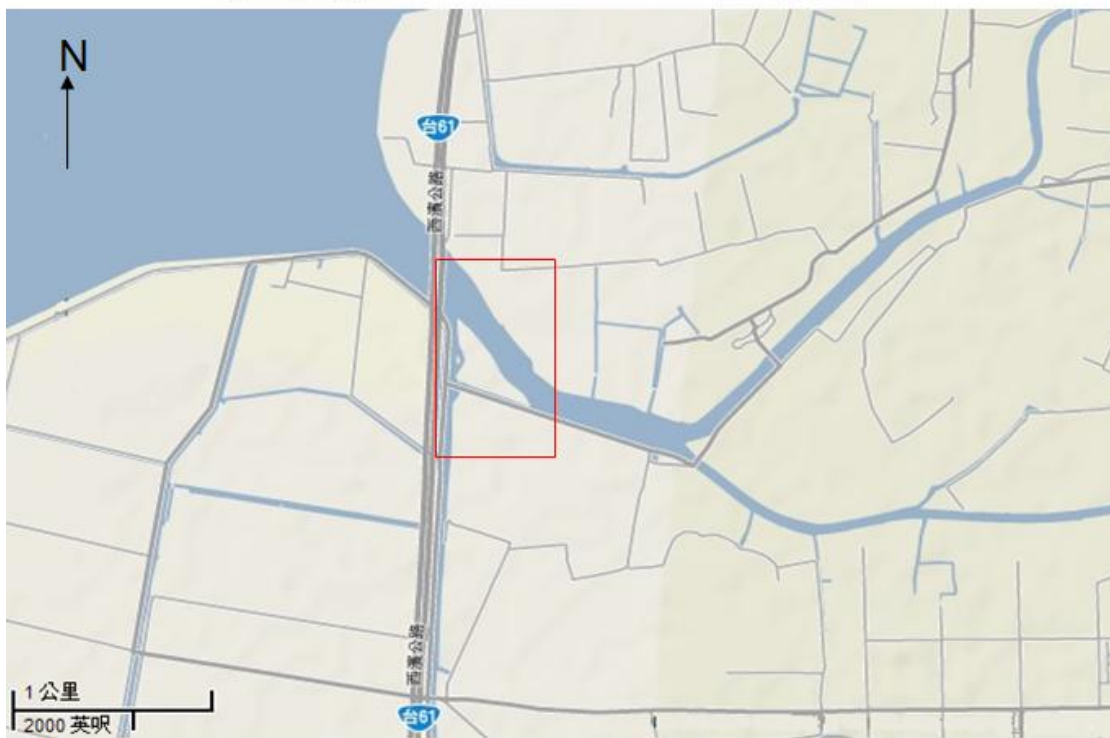


Fig. 2. 實驗樣區圖，紅線標示區域 (23°07'N, 120°05'E) (資料來源：  
台南縣觀光旅遊網)

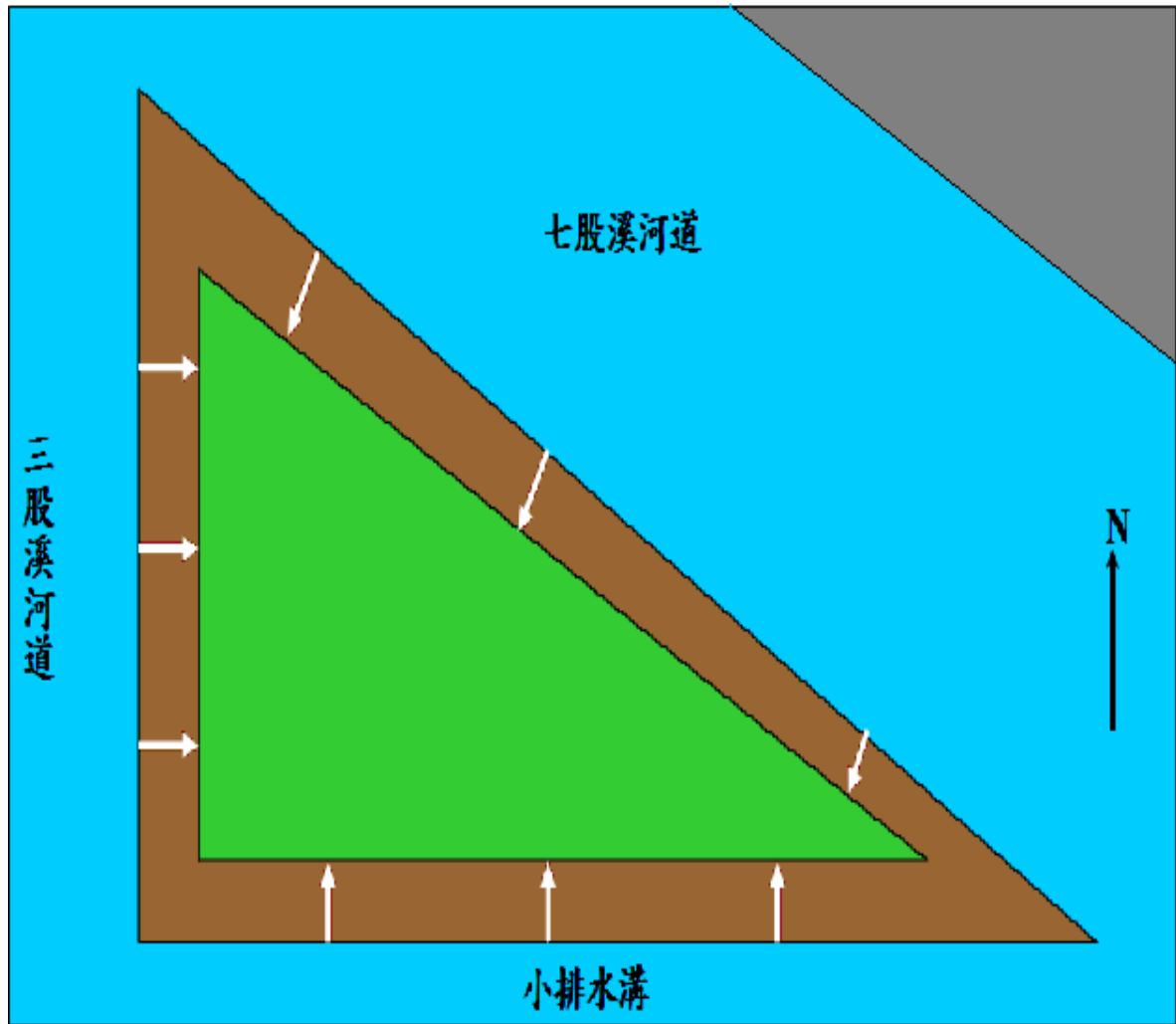


Fig. 3. 實驗樣區圖 (白色箭頭為穿越線)。



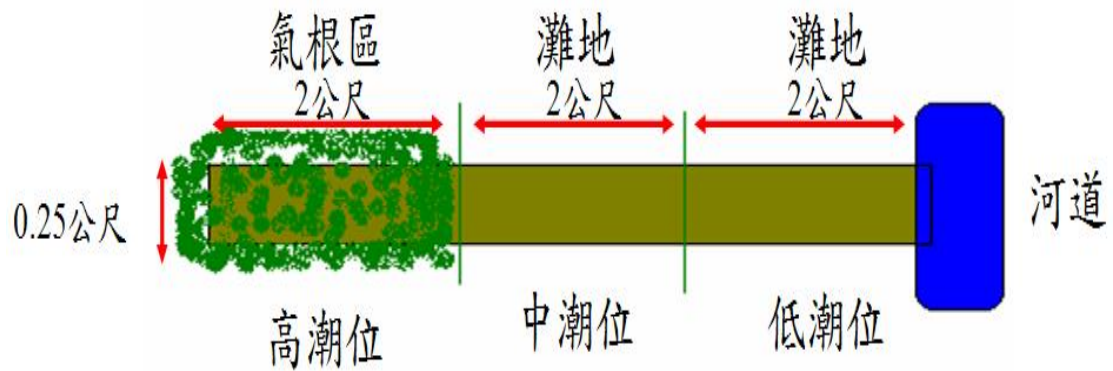


Fig. 4 穿越線示意圖。



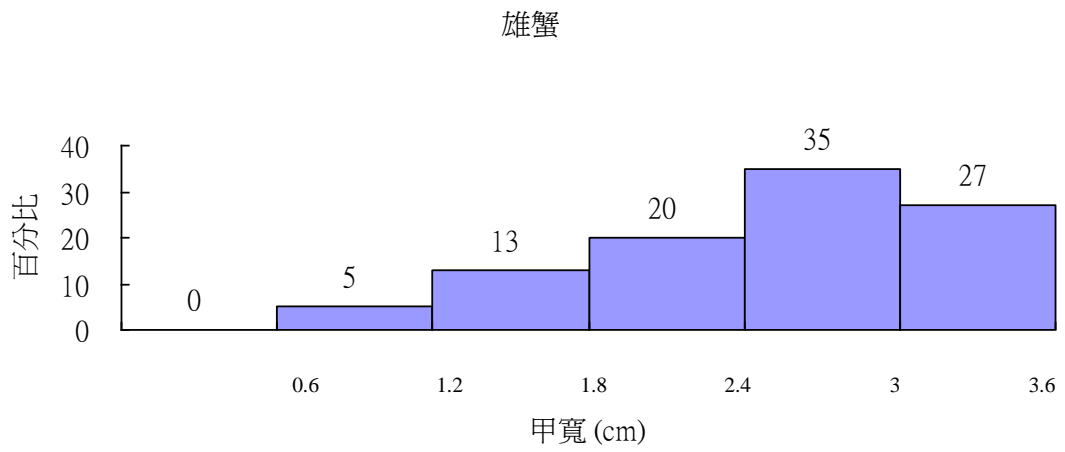
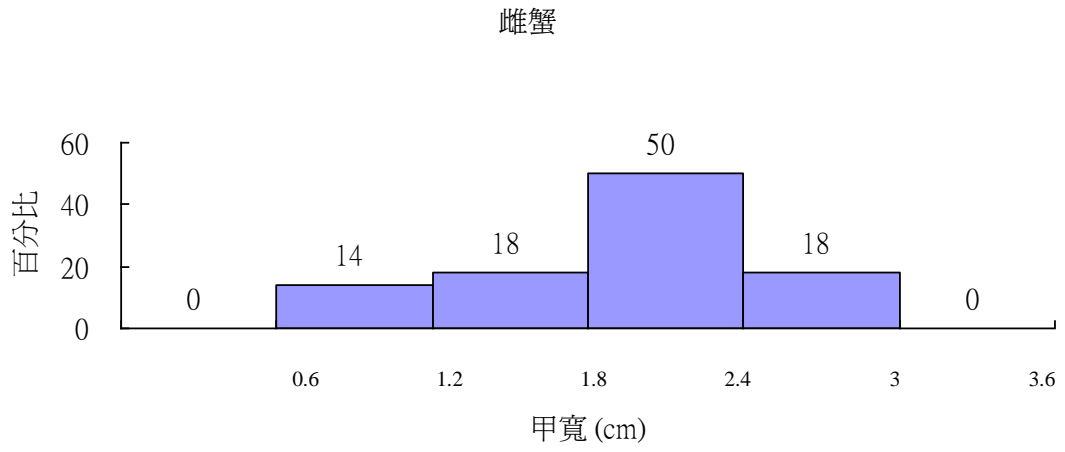


Fig. 5 弧邊招潮蟹甲寬頻度分布圖。

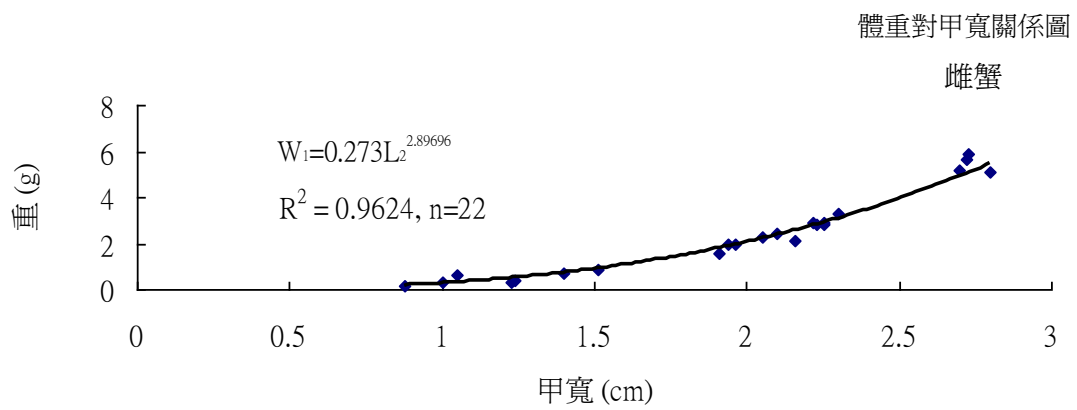
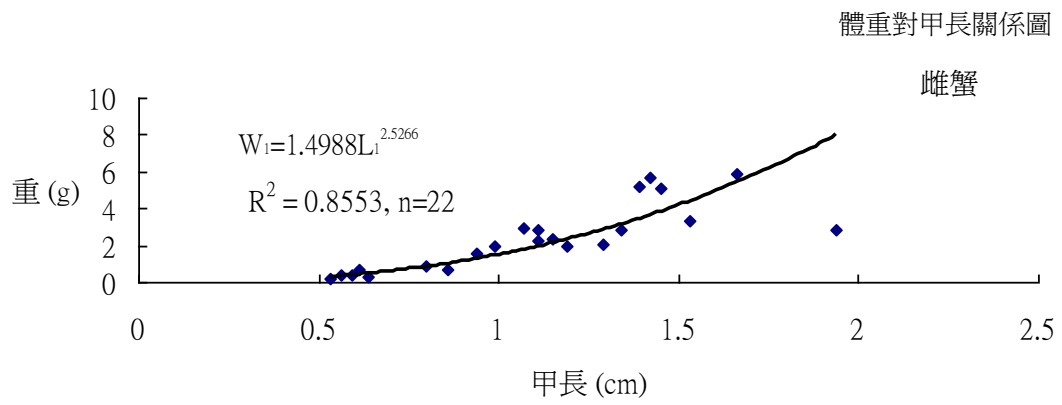


Fig. 6. 弧邊招潮蟹雌蟹體重對甲長與甲寬關係圖。

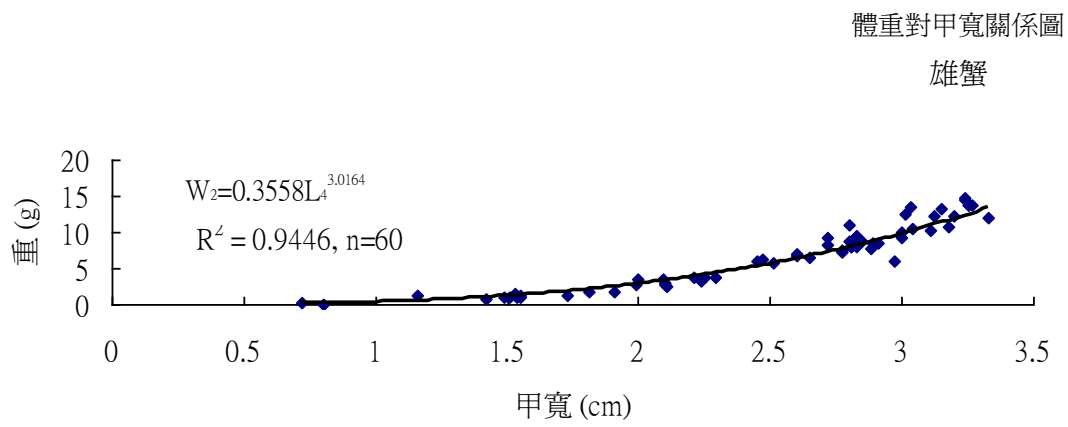
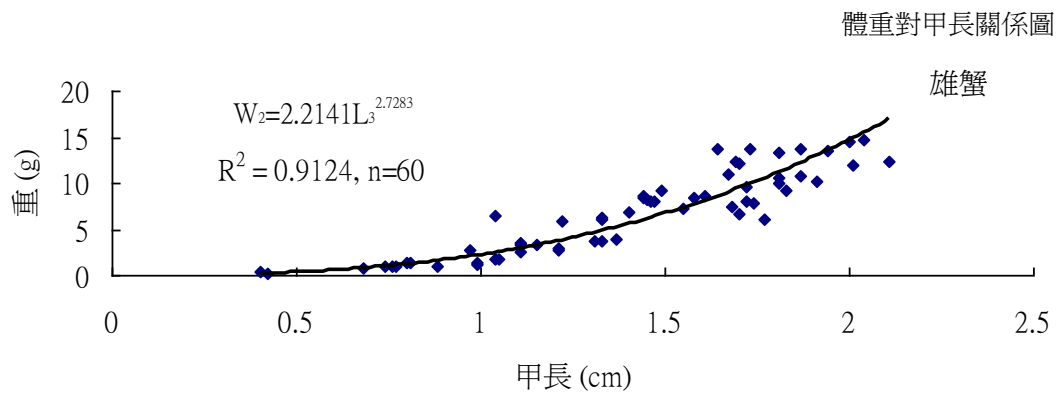


Fig. 7. 弧邊招潮蟹雄蟹體重對甲長與甲寬關係圖。

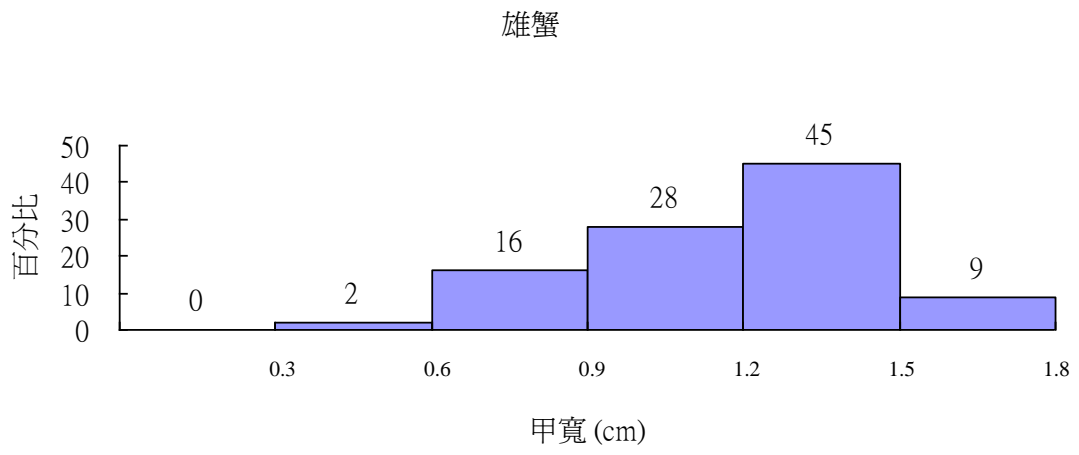
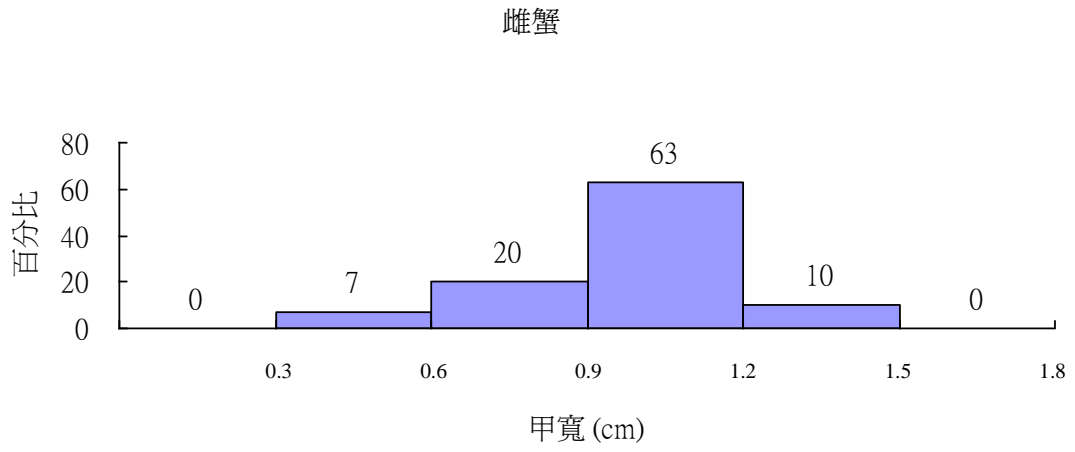


Fig. 8. 清白招潮蟹甲寬頻度分布圖。



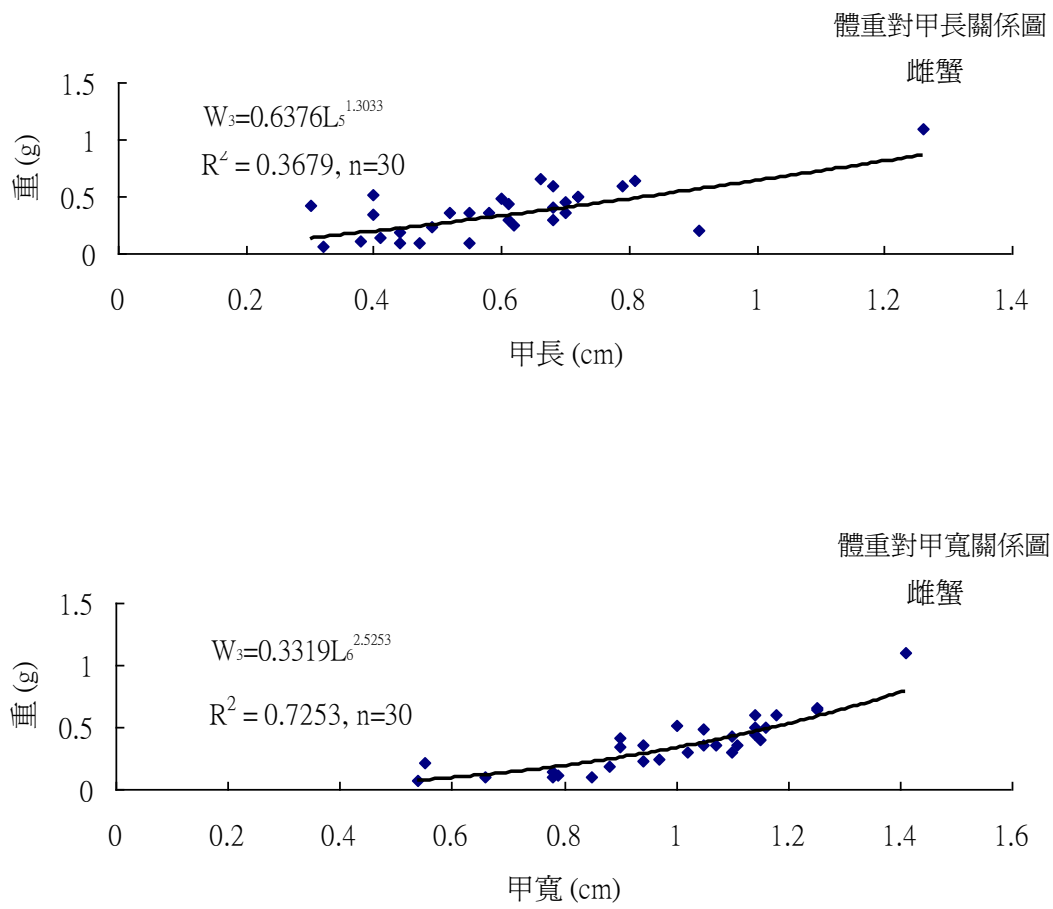


Fig. 9. 清白招潮蟹雌蟹體重對甲長與甲寬關係圖。

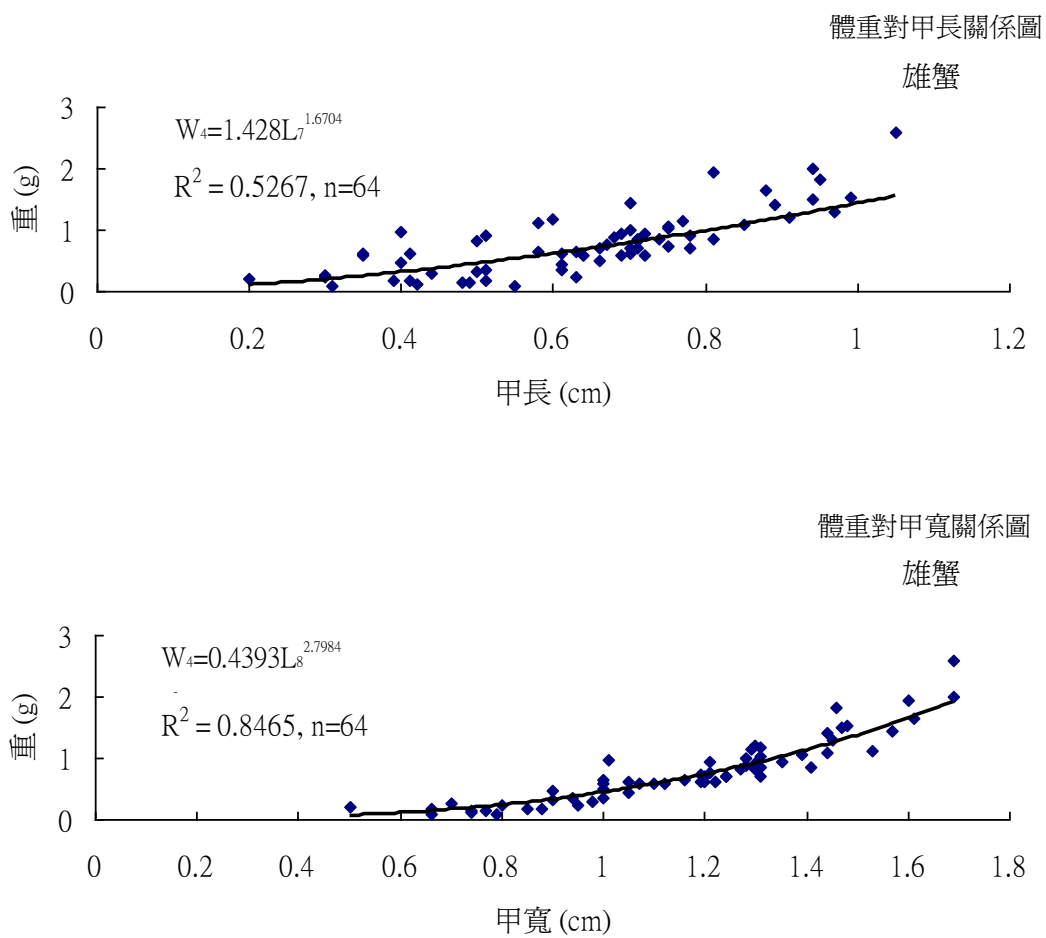


Fig. 10. 清白招潮蟹雄蟹體重對甲長與甲寬關係圖。

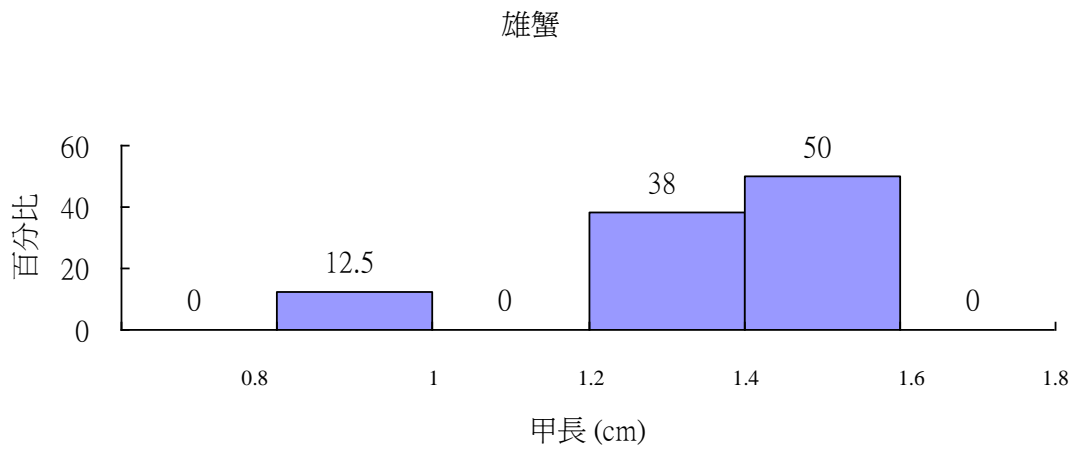
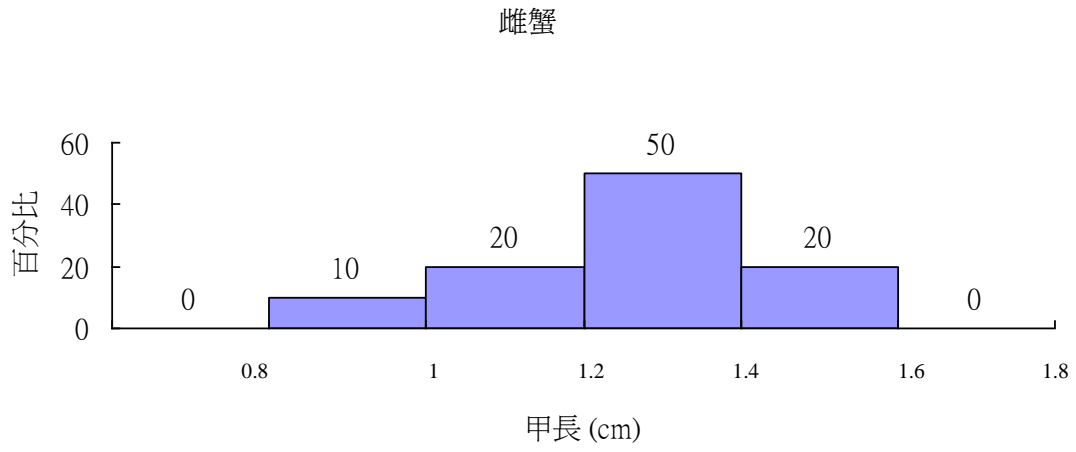


Fig. 11. 北方凹指招潮蟹甲長頻度分布圖。



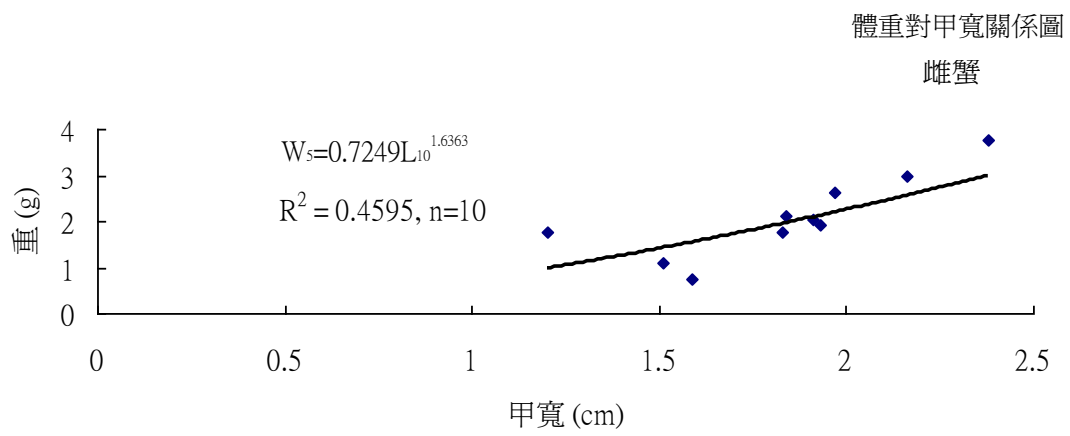
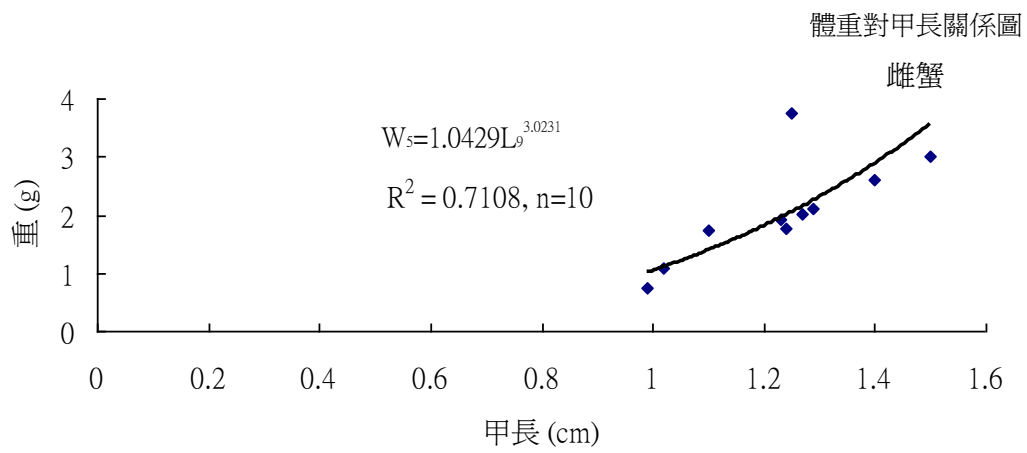


Fig. 12. 北方凹指招潮蟹雌蟹體重對甲長與甲寬關係圖。

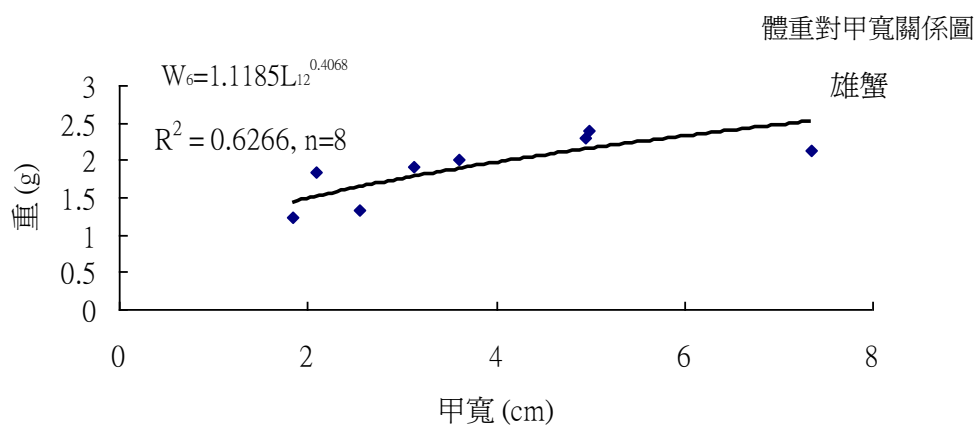
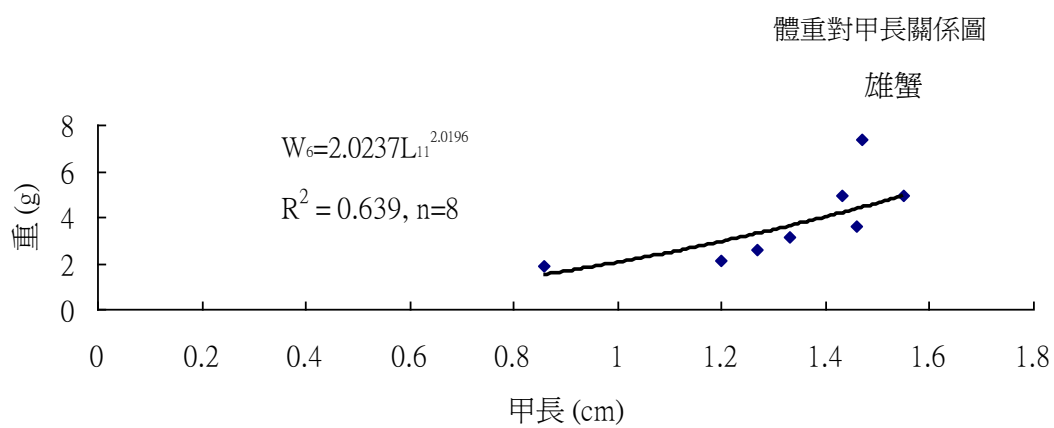
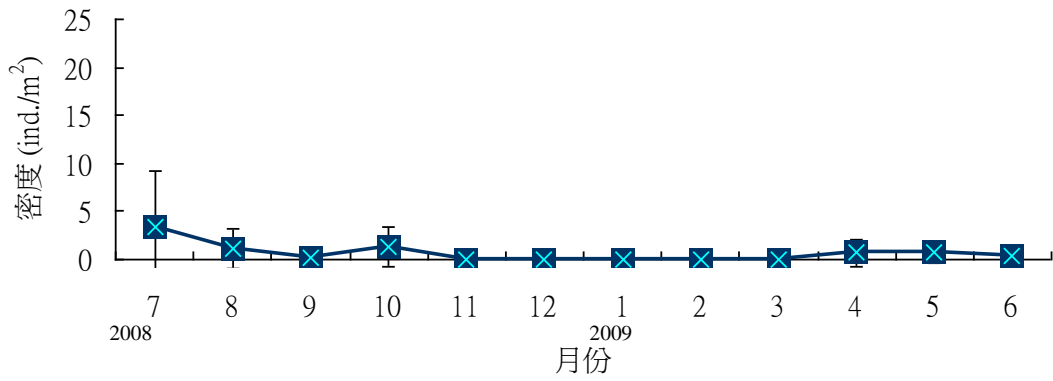
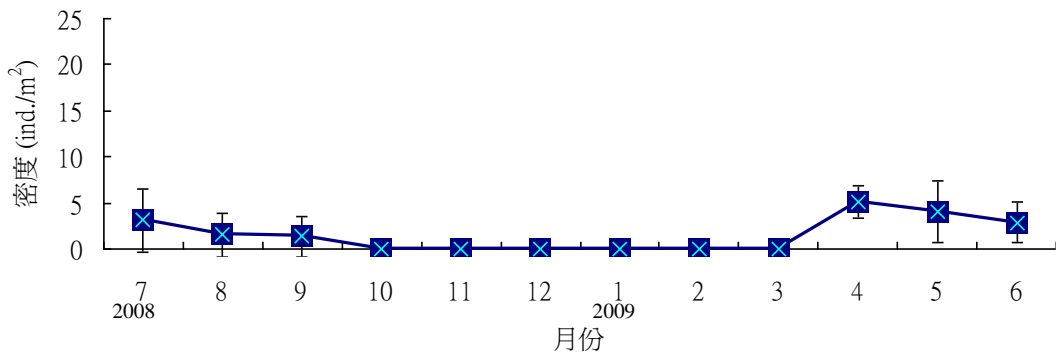


Fig. 13. 北方凹指招潮蟹雄蟹體重對甲長與甲寬關係圖。

七股溪河道區



小排水溝區



三股溪河道區

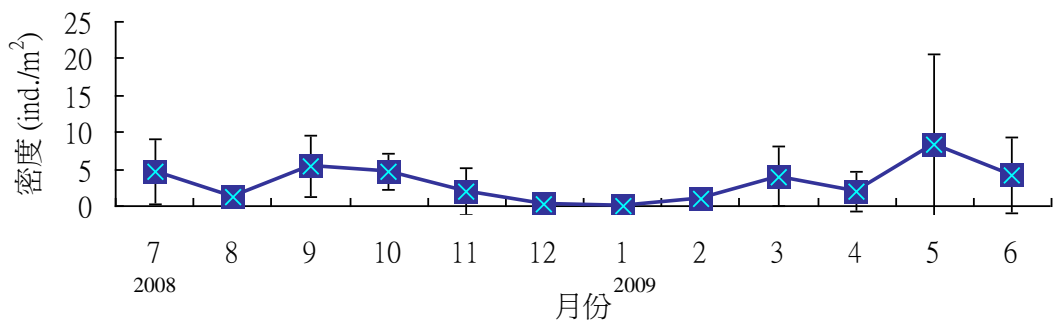


Fig. 14. 七股溪口紅樹林沙洲弧邊招潮蟹月別，河道區別密度變化。

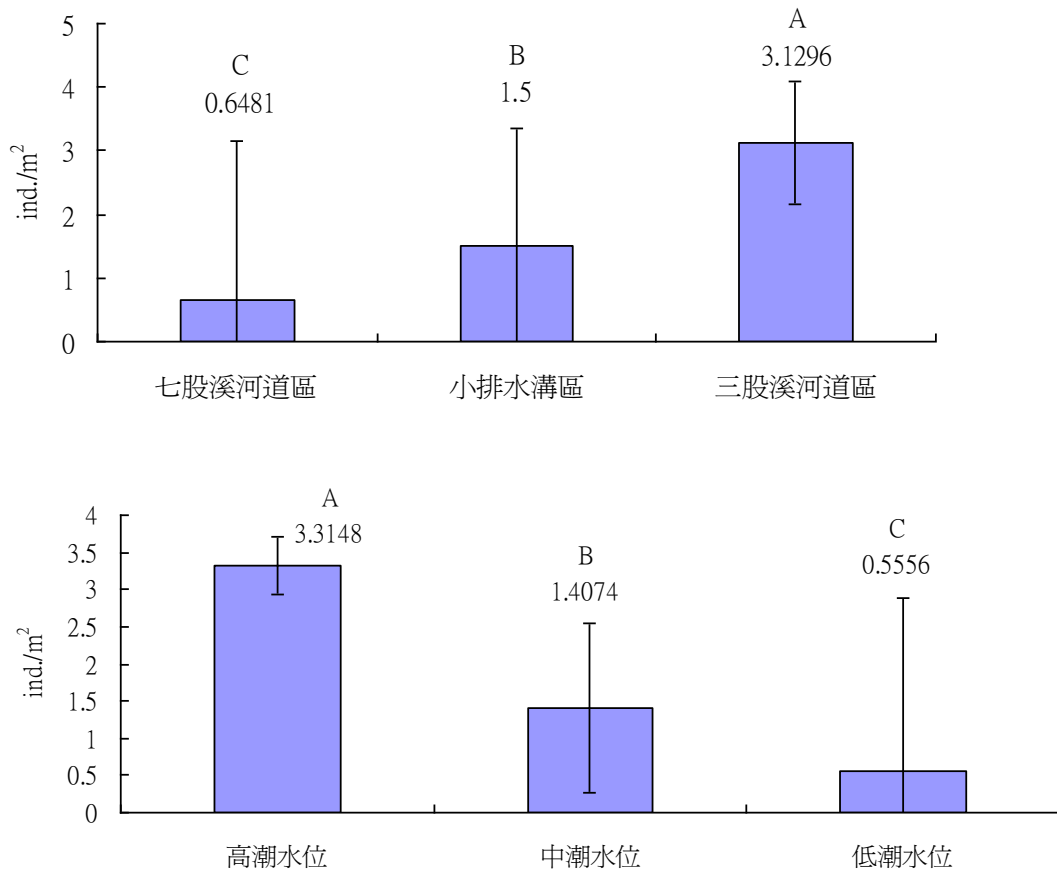
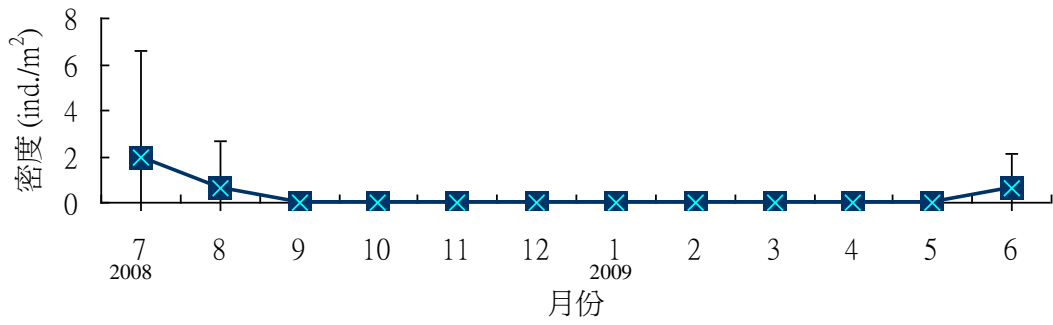
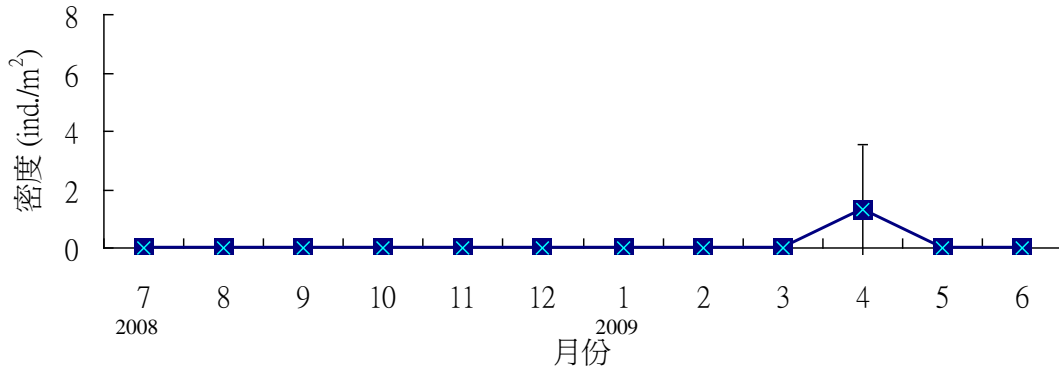


Fig. 15. 七股溪口紅樹林沙洲弧邊招潮蟹河道區與潮水位密度圖(不同文字表示達顯著差異)。

七股溪河道區



小排水溝區



三股溪河道區

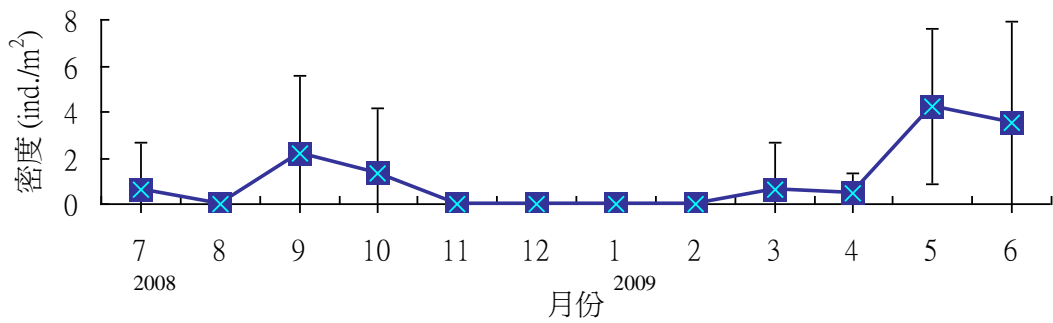


Fig. 16. 七股溪口紅樹林沙洲清白招潮蟹月別，河道區別密度變化。

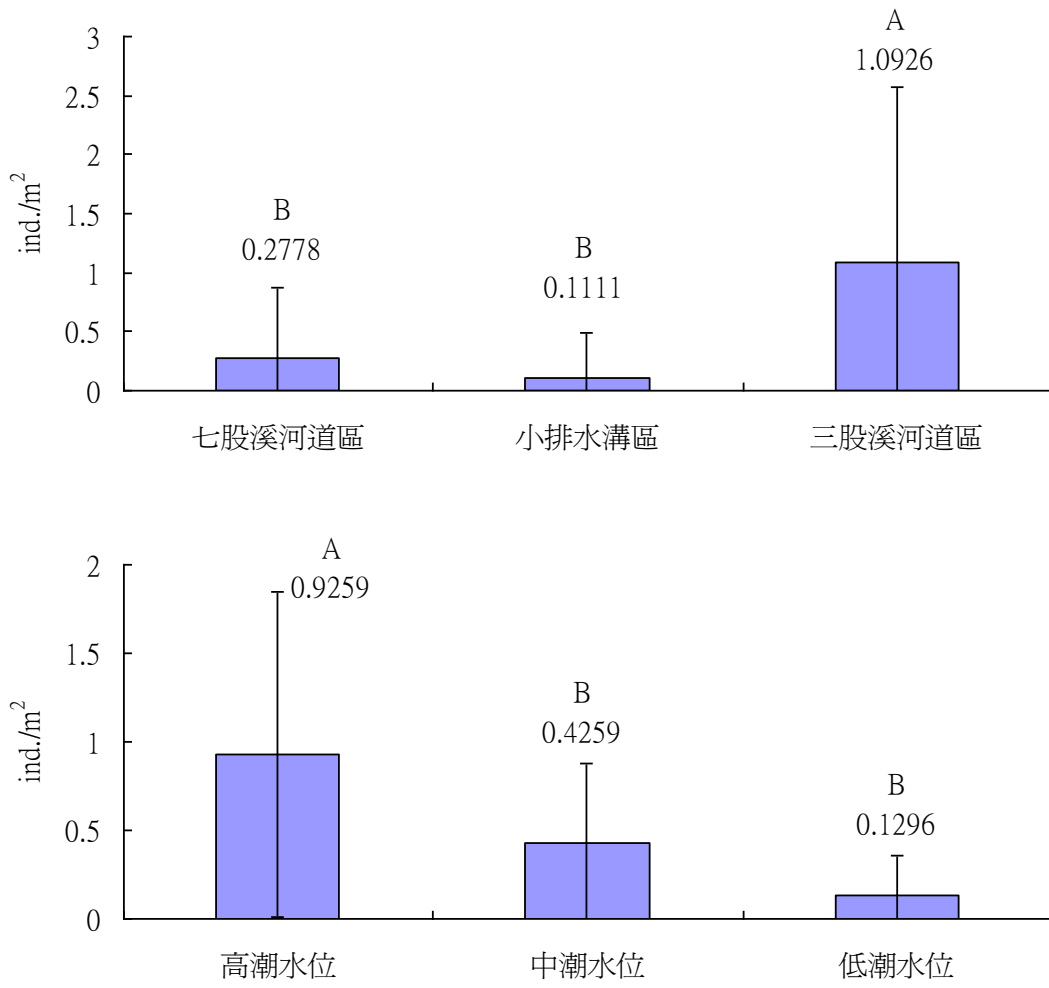


Fig. 17. 七股溪口紅樹林沙洲清白招潮蟹河道區與潮水位密度圖(不同文字表示達顯著差異)。

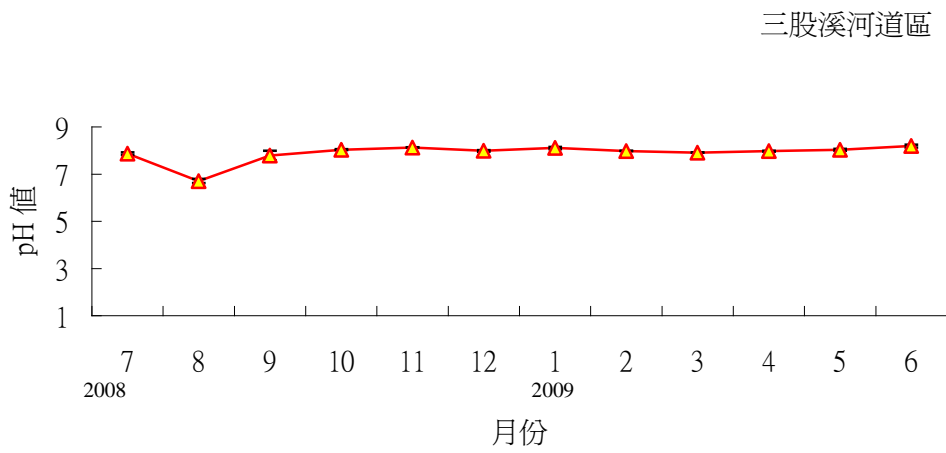
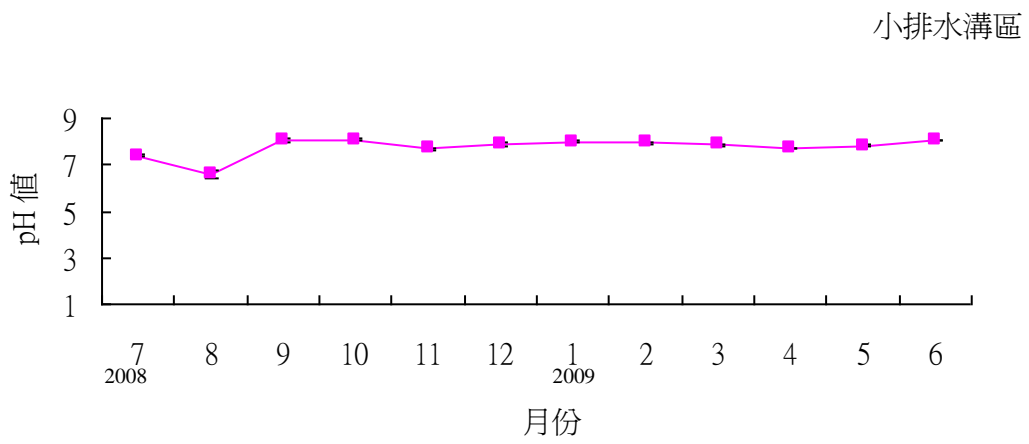
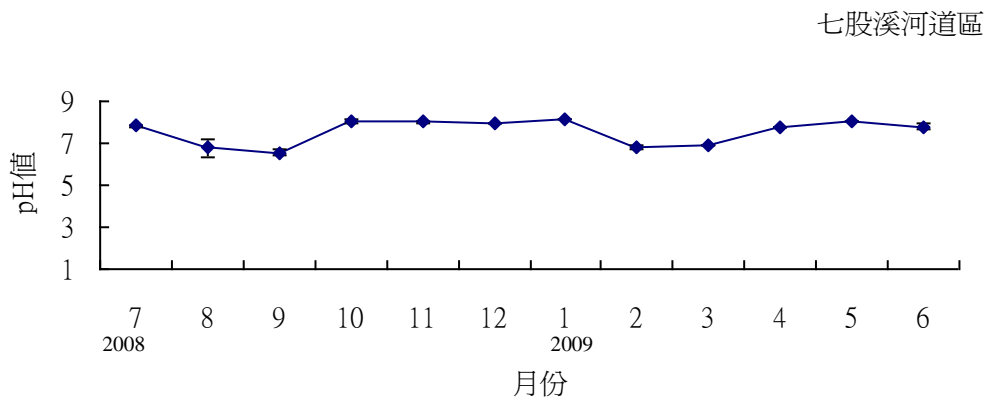


Fig. 18. 七股溪口紅樹林沙洲 pH 值月別、河道區月別變化。

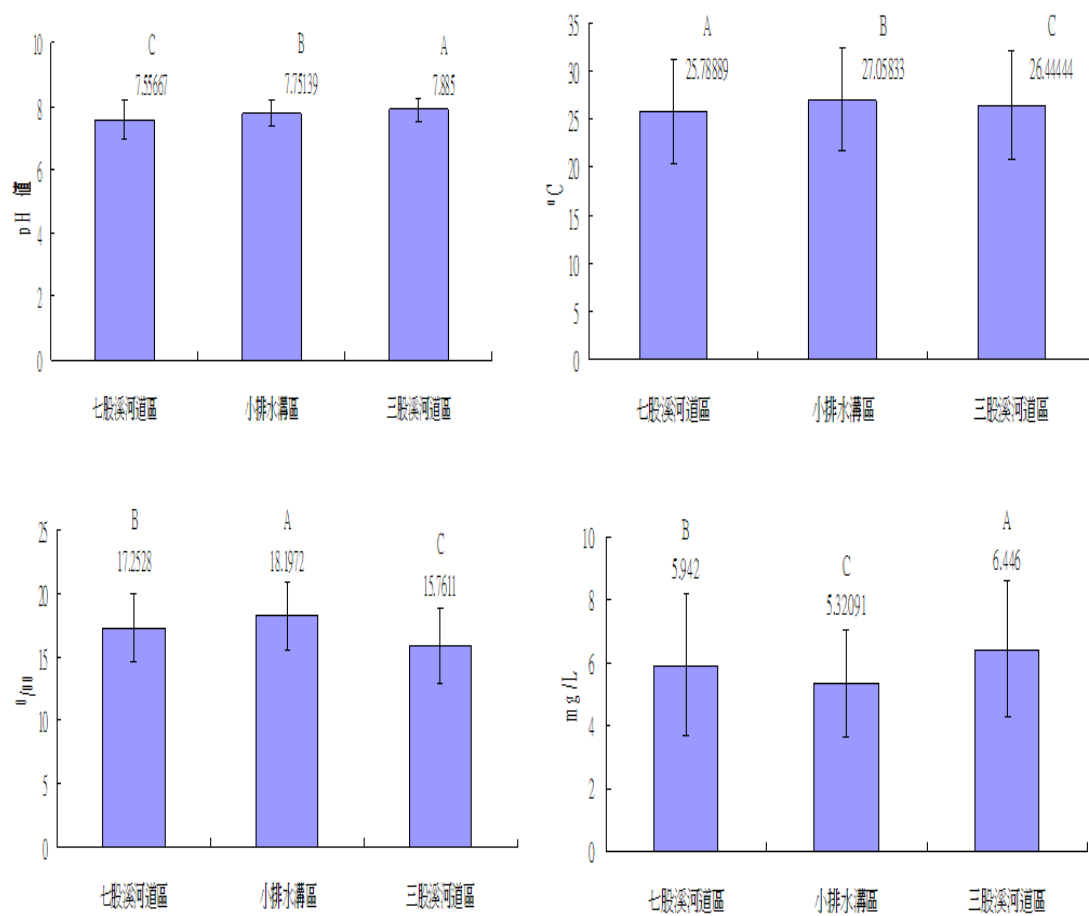


Fig.19. 七股溪口紅樹林沙洲河道區別水質比較(不同文字表示達顯著差異)。



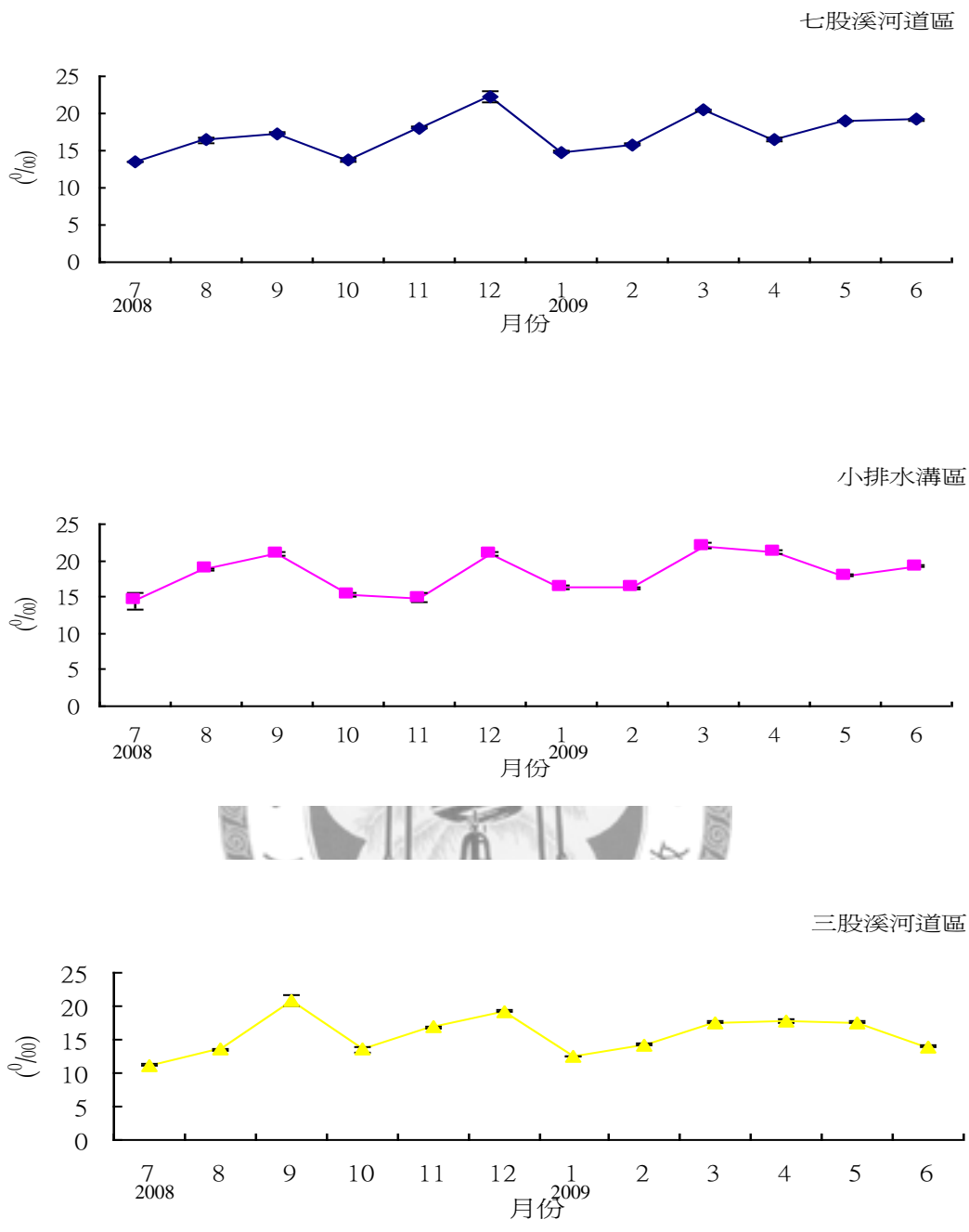


Fig. 20. 七股溪口紅樹林沙洲鹽度月別、河道區別變化。

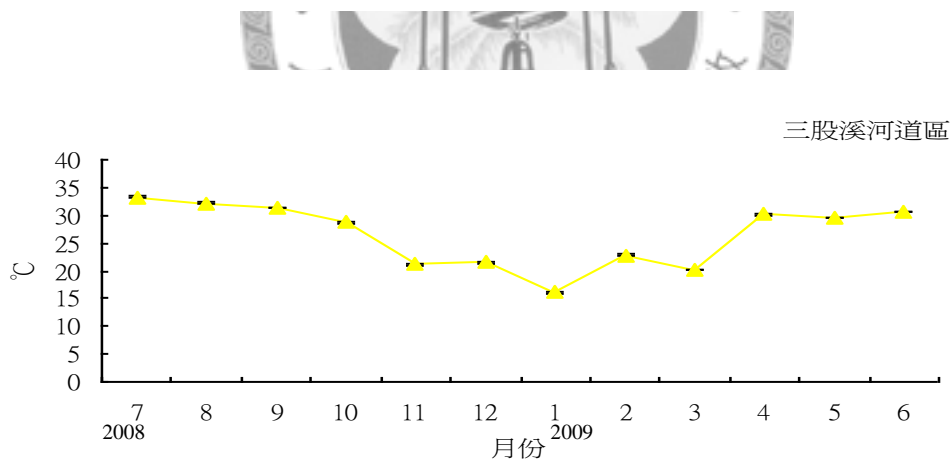
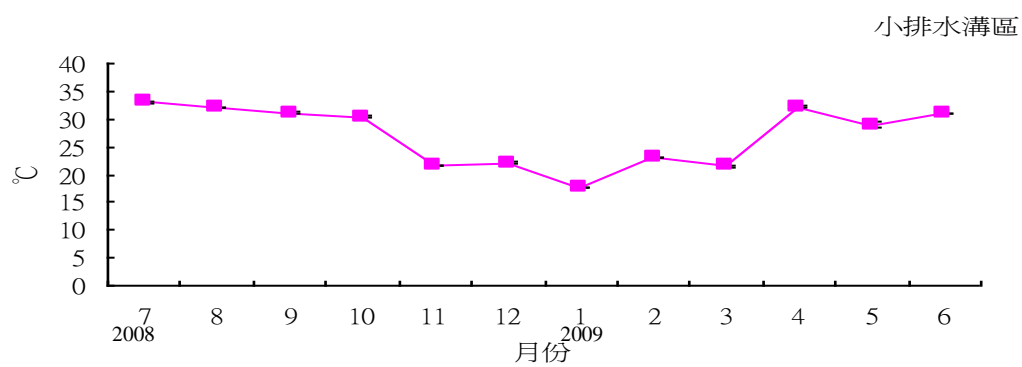
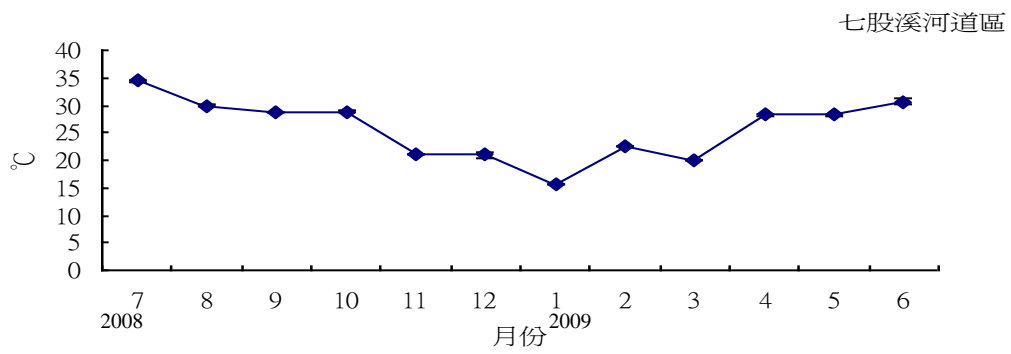


Fig. 21. 七股溪口紅樹林沙洲水溫月別、河道區別變化。

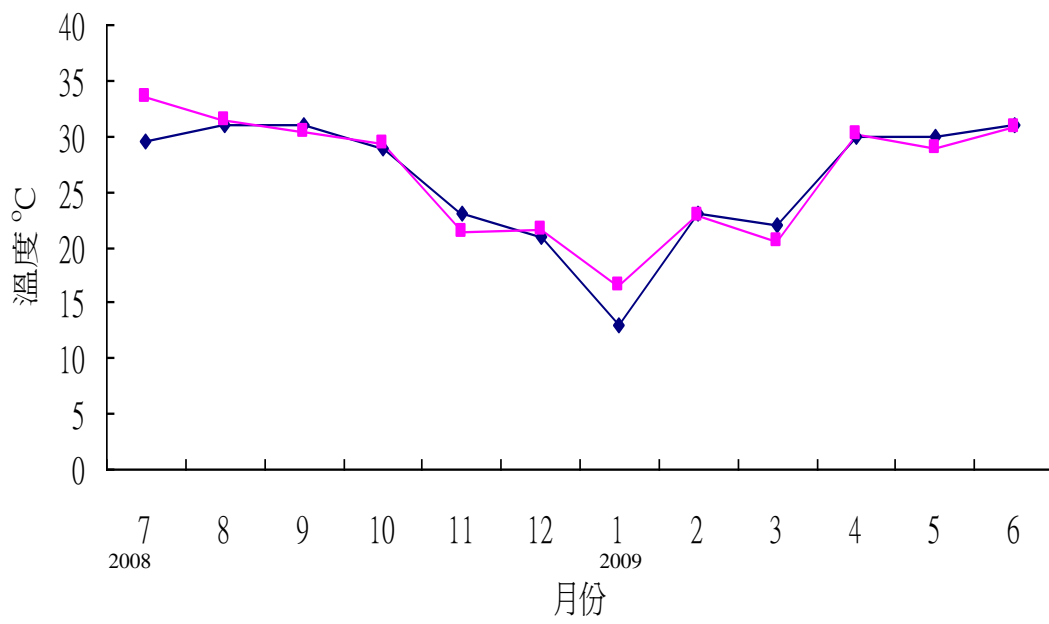


Fig. 22. 七股溪口紅樹林沙洲水溫及氣溫月變化。



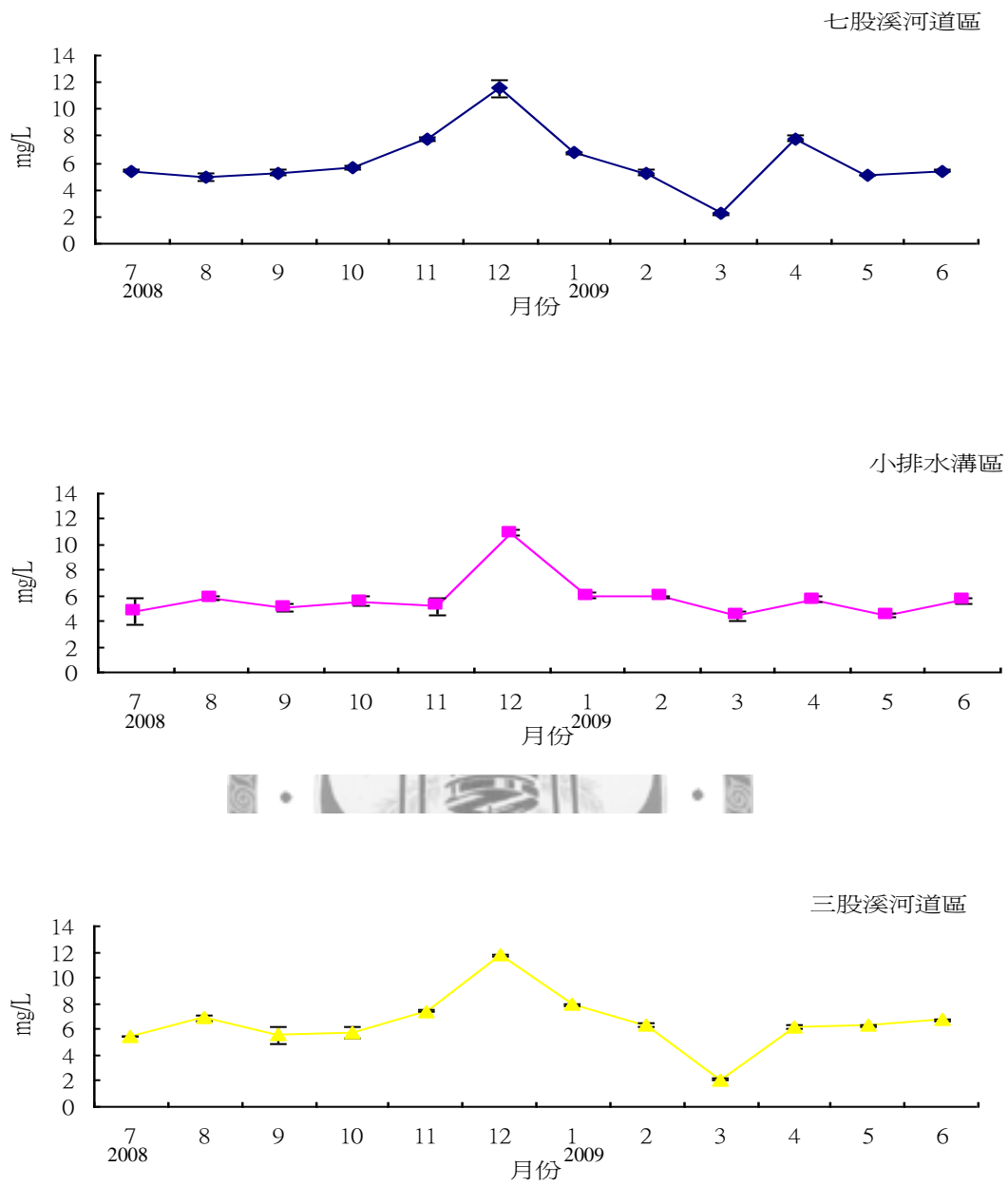


Fig. 23. 七股溪口紅樹林沙洲溶氧月別、河道區別變化。

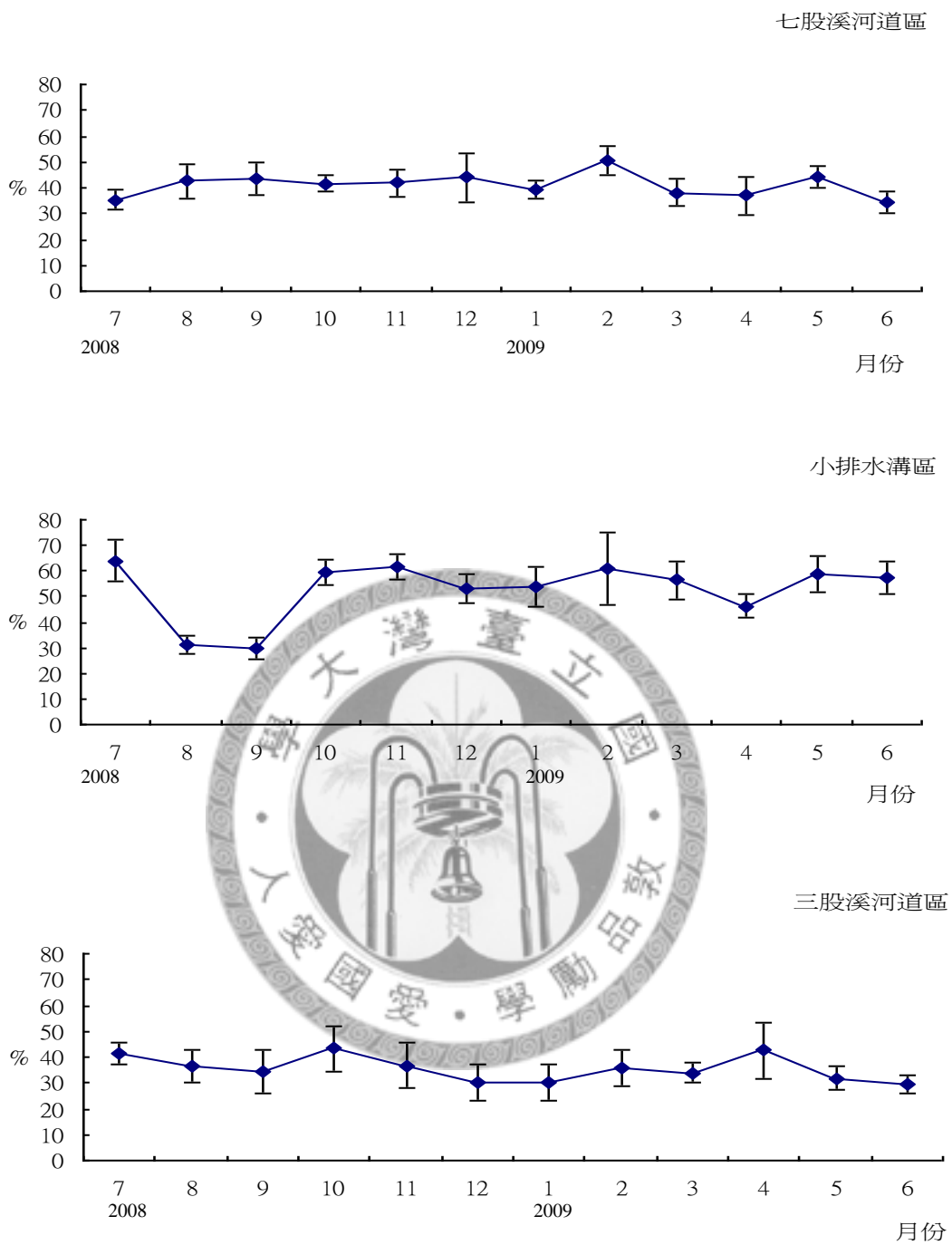


Fig. 24. 七股溪口紅樹林沙洲月別含水量變化。

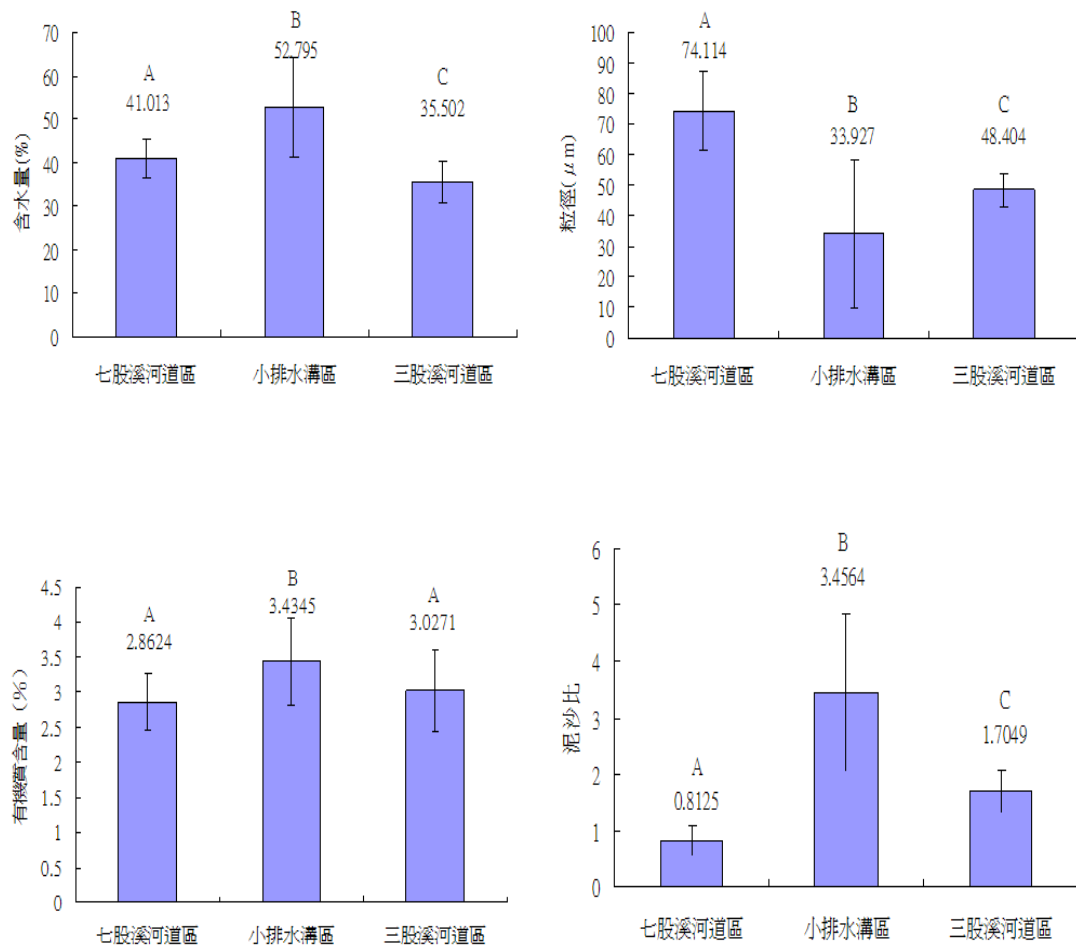


Fig.25. 七股溪口紅樹林沙洲河道區別底質比較(不同文字表示達顯著差異)。

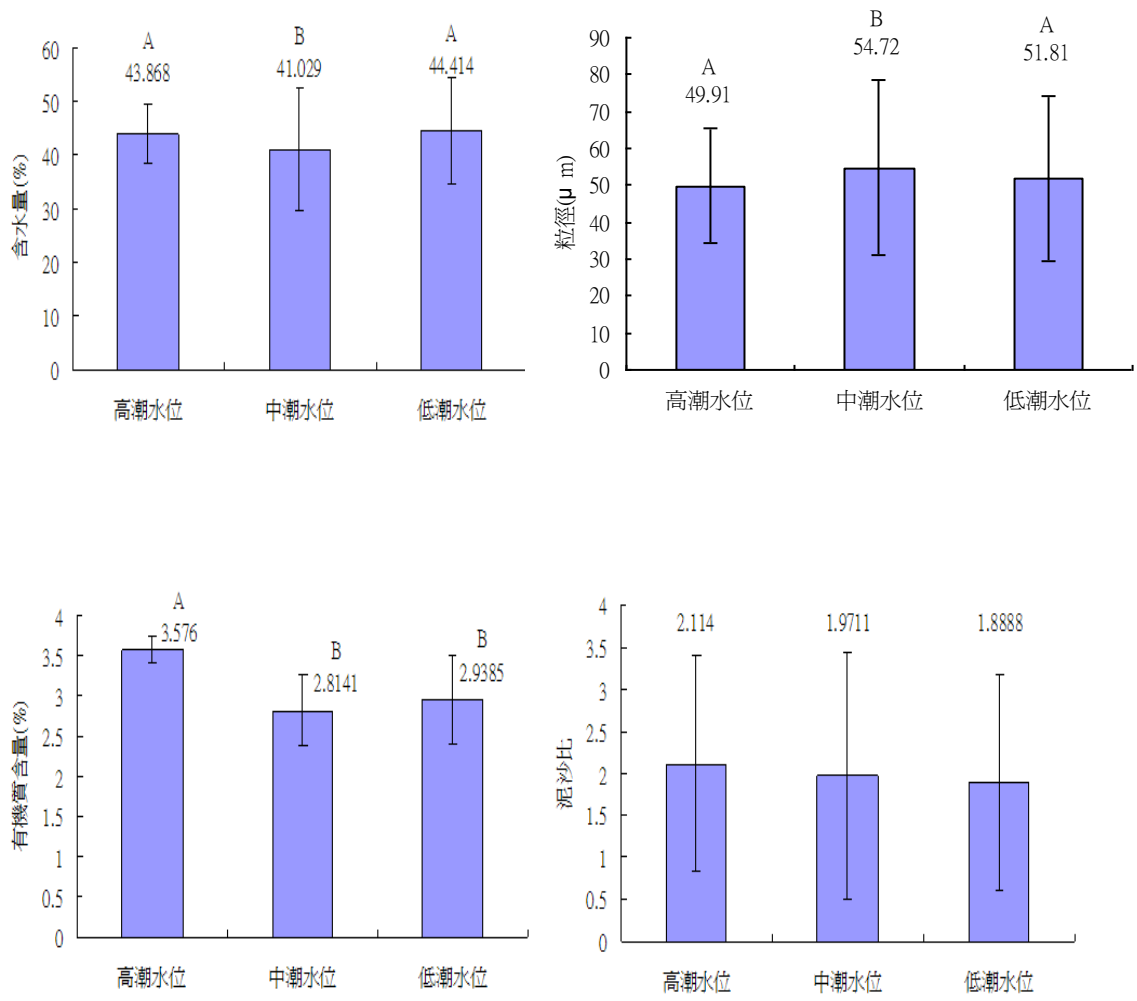


Fig.26. 七股溪口紅樹林沙洲潮位別底質比較(不同文字表示達顯著差異)。

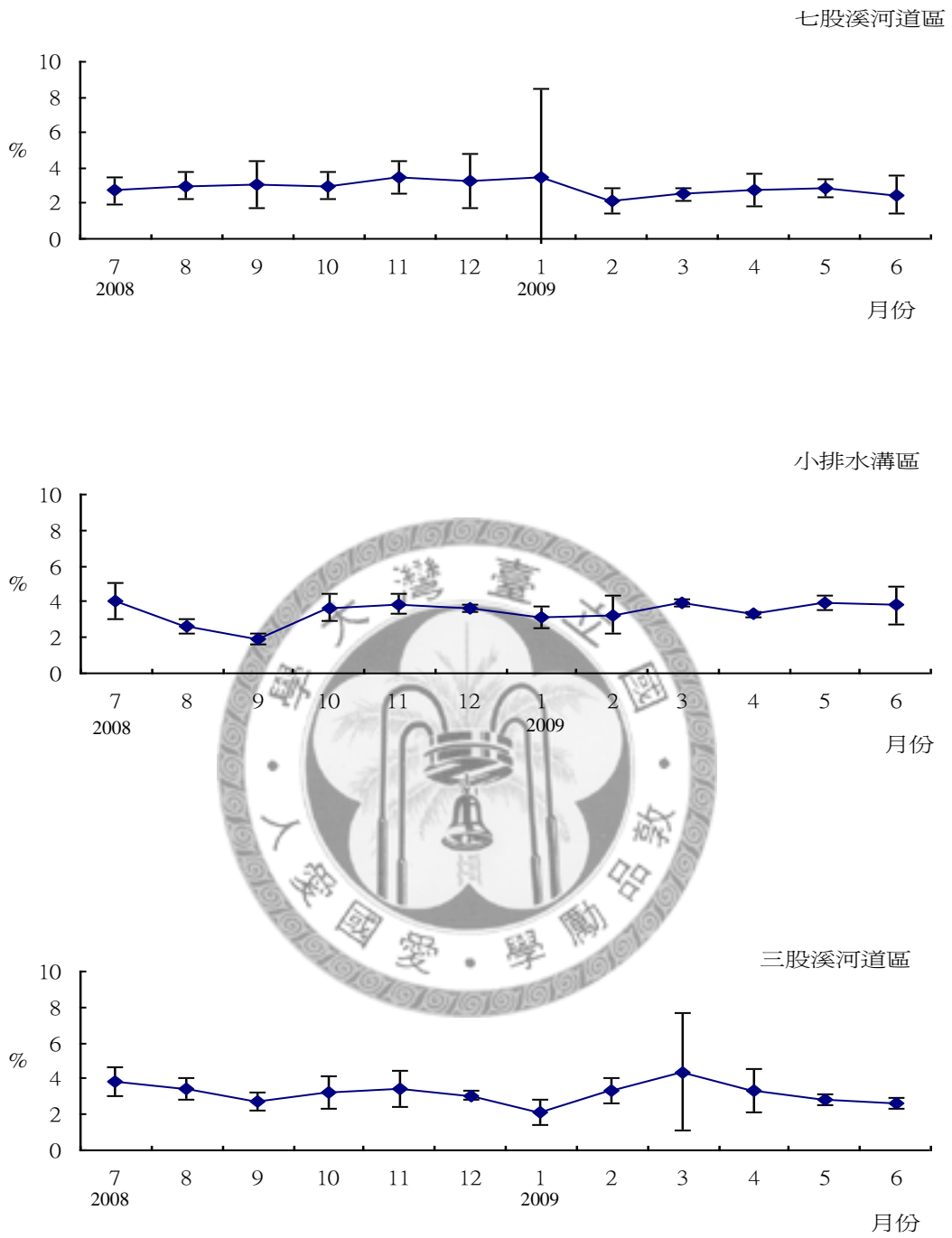
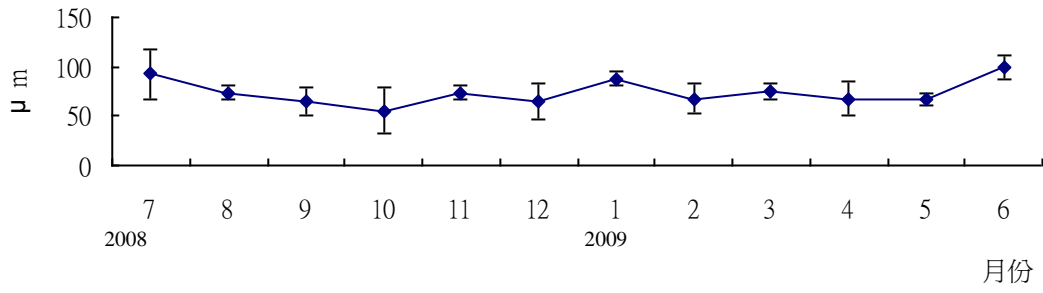


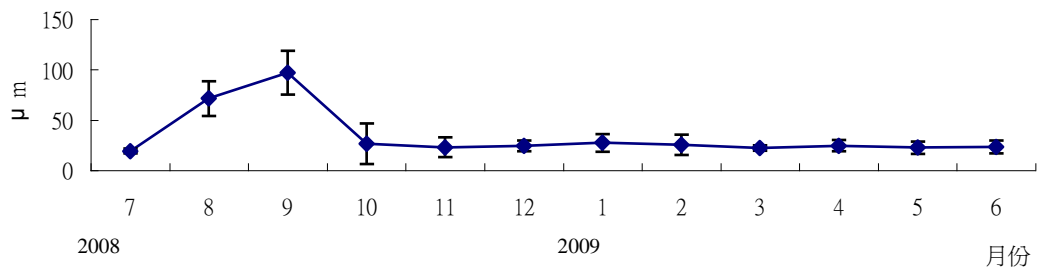
Fig. 27. 七股溪口紅樹林沙洲有機質含量月別變化。



七股溪河道



小排水溝



三股溪河道區

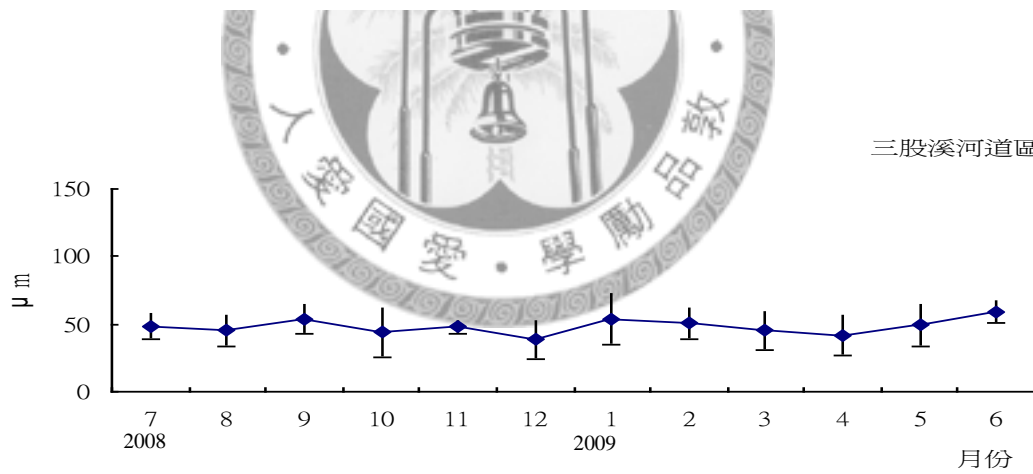


Fig. 28. 七股溪口紅樹林沙洲粒徑月別變化。

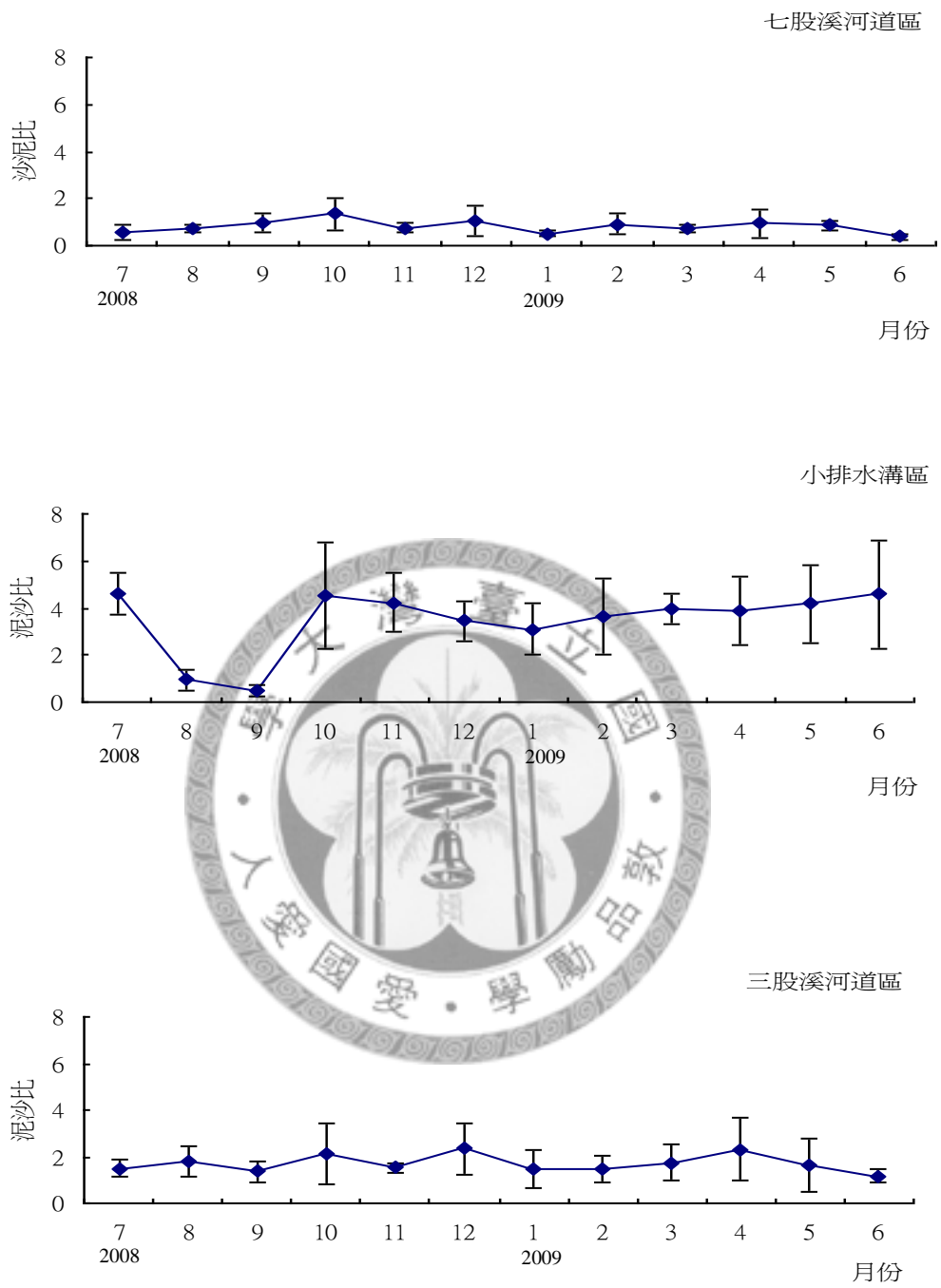


Fig. 29. 七股溪口紅樹林沙洲泥沙比月別變化。

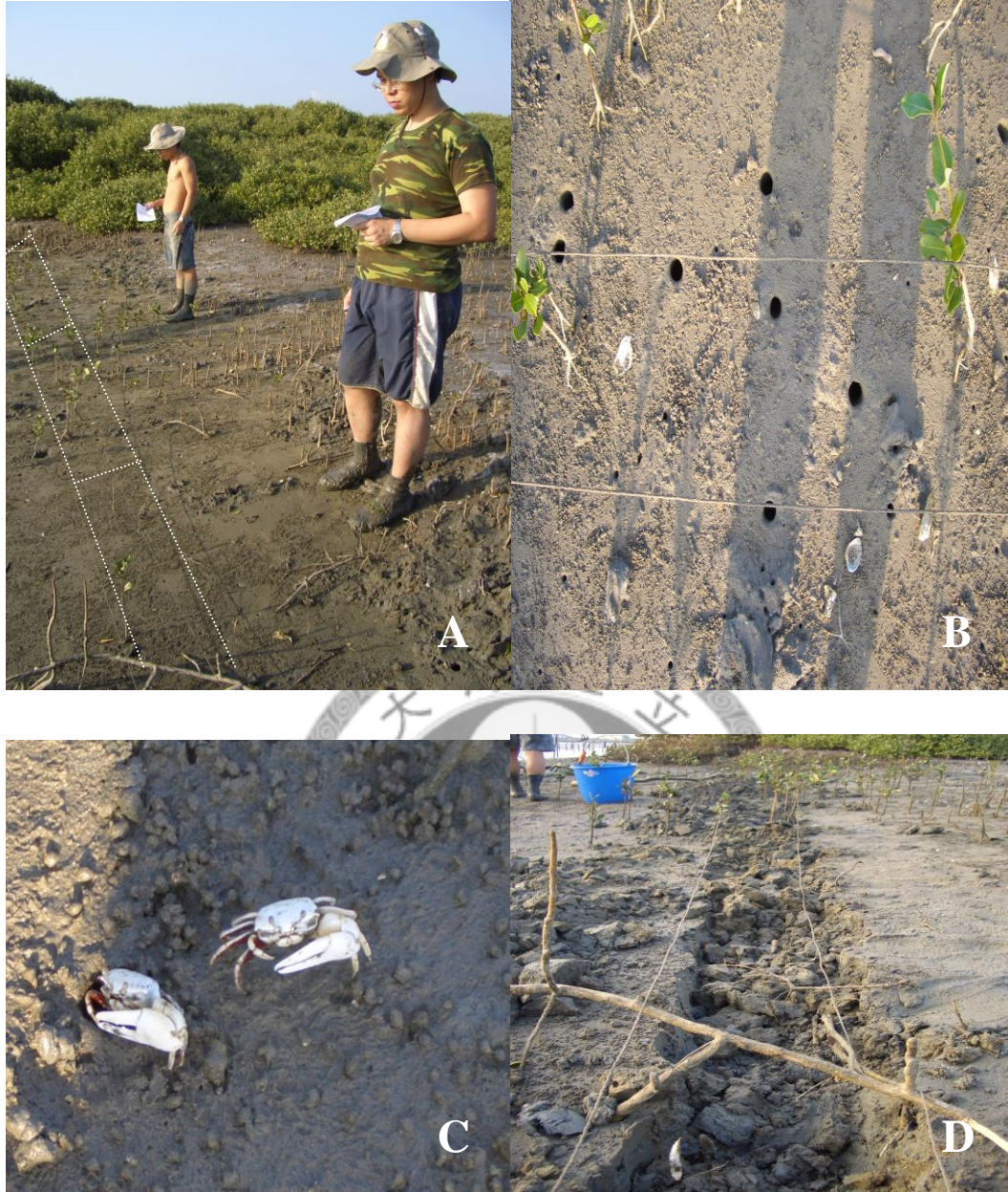


Photo. 1. 調查方法與項目示意圖。

A. 樣框設置圖。

B. 底表蟹類洞口。

C. 地表活動蟹類。

D. 挖掘捕獲後示意圖。

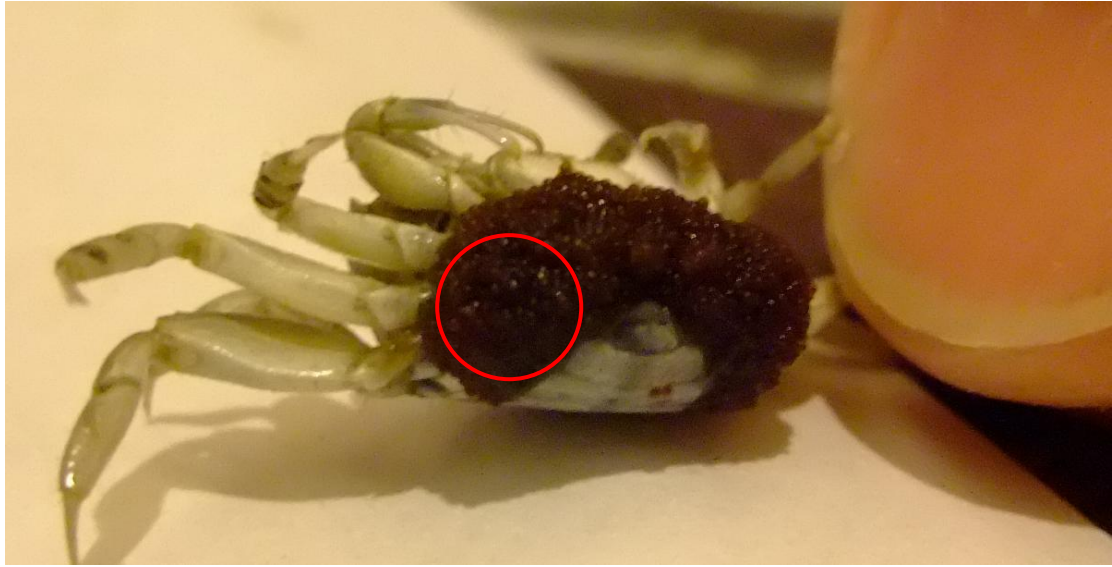


Photo. 2. 招潮蟹抱卵示意圖（紅色圈內為卵粒）。





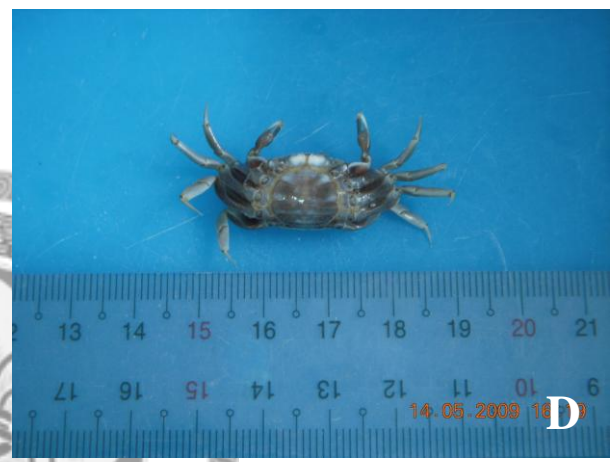


Photo. 3. 弧邊招潮蟹，雄蟹 (A: 前面)、(B: 腹面); 雌蟹 (C: 前面)、  
(D: 腹面)。



Photo. 4. 清白招潮蟹，雄蟹 (A: 前面)、(B: 腹面)；雌蟹 (C: 前面)、  
(D: 腹面)。



Photo. 5. 北方凹指招潮蟹，雄蟹 (A: 前面)、(B: 腹面); 雌蟹 (C: 前面)、(D: 腹面)。







Photo. 6. 三角指招潮蟹，雄蟹 (A：前面)、(B：腹面)。