

國立臺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沙洲環文蛤族群數量分佈與環境

因子關係之研究

Relationships between stock of clam *Cyclina sinensis* and
environmental factors in the estuary of Cigu River in
southwestern Taiwan

研究生：林敬晟 撰

中華民國九十八年七月

目錄

目錄	1
中文摘要	3
英文摘要	5
前言	7
材料與方法	14
採樣時間與地點	14
調查項目與方法	15
環文蛤	15
環境因子測量	16
資料處理	17
結果	20
環文蛤的外部形態及密度	20
水質環境	22
底質環境	25
環境因子主成分分析結果	28
討論	30
環文蛤族群	30
七股溪口沙洲環境特徵	32

環文蛤與環境因子-----	34
結論-----	37
謝誌-----	38
參考文獻-----	39
附表-----	45
附圖-----	54



中文摘要

台灣西南部七股溪口具有紅樹林所組成的沙洲，由於位處感潮河段，使本區周遭擁有著豐富的生物資源，其中俗稱赤嘴仔的環文蛤 (*Cyclina sinensis*) 是本區最常見的經濟性二枚貝。本研究在 2008 年 7 月至 2009 年 6 月間在七股溪口沙洲以穿越線進行採樣，採集環文蛤測量其殼長、殼高、殼寬、體重並同時推算環文蛤年齡及估計沙洲上環文蛤密度；環境因子上測量 pH、鹽度、水溫、含氧量、底泥含水量、底泥有機質含量、粒徑、泥沙比。主要目的為探討不同環境因子對沙洲上環文蛤族群分佈數量的影響。結果顯示，七股溪口沙洲的環文蛤只發現分佈在七股溪河道區上，並且主要由殼長 3 cm 以下及不到 2 齡的環文蛤族群所構成。環文蛤密度上顯示，七股溪口沙洲的環文蛤主要分佈在低、中潮位，以高潮位的紅樹林氣根區為其分佈上界。每年的 3 月環文蛤密度因殼長 2 cm 及 1 齡的幼貝加入而開始上升，但在六月後由於當地民眾的採集而開始下降。環境上七股溪口沙洲受七股溪河道、小排水溝、三股溪河道環繞，七股溪口沙洲可依據環繞水道的不同分成三塊由不同水質及底質所構成的棲地。主成份分析中發現七股溪口沙洲及七股水溪河道的環境主要變異來自於底質因子。綜合上述結果，七股溪口沙洲的環文蛤，因七股溪口沙洲三塊棲地中的七股河道區有環文蛤偏好的環境，尤其是細砂底質環境使環

文蛤稚貝易定著，成貝有較佳的生長率及存活率，使七股溪河道成為七股溪口沙洲環文蛤唯一的棲地。從環文蛤外部形態組成及密度變化上也可以了解，七股溪口沙洲的環文蛤面臨沉重的漁獲壓力。

關鍵字：環文蛤、環境因子、七股溪



Abstract

The study mangrove area, which was located in the estuary of Cigu River in southwestern Taiwan has abundant biological resources. The clam *Cyclina sinensis* was one of the most common economical bivalve in the estuary. The data sampling was carried out from July, 2008 to June, 2008. The transect sampling was used to collect the clam stock and environmental factors. Clam's morphology such as shell length, height, width, weight, age and density were investigated in the 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 the clam was mainly concentrated in the Cigu River sector, which consisted of clam less than 3 cm shell length and 2 years old. The clam mainly distributed in the low and mid tidal zone. The aerial root zone of mangrove in high tidal zone became a boundary of the clam distribution. The density of the clam increased in March because of recruitment of juveniles which shell length less than 2 cm and age about 1 year old, and decreased in June because of fishing. The Cigu estuary 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 main variation of Cigu estuary and Cigu River sector were from sediment factors. In conclusion, Cigu River sector of Cigu estuary became the only habitat of the clam *Cyclina sinensis* because it possessed the environmental factors they preferred, especially in the fine sand sedimental environment with less mud, which could provide juvenile clam's successful settlement and better growth and survival rate for adult clam. According to the clam's morphological composition and density variation, the clam *Cyclina sinensis* in Cigu estuary had faced heavy fishing pressure.

Keywords: clam *Cyclina sinensis*, environmental factors, Cigu River



前言

濕地與人類的生存、繁衍、發展息息相關，是自然界最富生物多樣性的生態環境。這些河川的出口位於明顯的感潮河段，因此河口的濕地具有水質、溫度、鹽度的變化都很大的共同特徵，這一特殊的生態環境，稱為「河口濕地生態系」(Shaw and Fredin, 1956)。此生態系中因河水和海水攜帶來各種無機鹽及有機物，加上紅樹林植物體本身枯枝落葉的掉落，經由微生物分解形成有機碎屑，使環境內沈積了大量有機養分。這些有機養份可藉著潮水的漲退帶給沿岸的浮游及底棲生物利用，或釋放出大量營養鹽，由植物本身或浮游生物吸收，或成為基礎消費者的食物。這些基礎消費者又可成為鳥類、魚、蝦、貝類等高等生物的食物，進而構成完整的碎屑食物網。河口濕地不僅可以提供魚、蝦、貝類等生物豐富的食物來源及棲息場所，也構成一個高度生產力的生態系(江，1999)。

二枚貝類(Bivaliva)是河口濕地生態系常見底棲無脊椎動物，此種生物有兩個殼瓣，兩側殼瓣通常等大且左右對稱(胡和陶，1995)，是河口濕地生態系重要的初級消費者。二枚貝類在河口濕地生態系中可做為如螺類、甲殼類及鳥類的食物來源之外，底棲的二枚貝類藉著可伸縮的水管伸出底質外抽水呼吸及濾食的行為也具有重要的生態功能。在二枚貝類以入水管將水中懸浮顆粒吸入，經鰓、唇瓣的過濾篩

選而獲得食物的過程中也同時幫助生態系中能量的循環及淨化或過濾水中污染物及沉澱物的功能(Vaughn and Hakenkamp, 2001), 所以二枚貝類亦是維持溼地生態系穩定及判斷水質狀態的重要指標性物種(Doering et al., 1986; Rice and Pechenik, 1992; Dame, 1996)。目前二枚貝類中的真瓣鰓目(Eulamellibranchia)簾蛤科(Veneridae)具有多種具經濟價值的貝類。在台灣, 本土性經濟性二枚貝類有 18 種, 其中 7 種屬於簾蛤科, 如厚殼簾蛤(*Gafrarium tumidum*)、文蛤 (*Meretrix meretrix*)、淺蜊(*Tapes literatus*)、小眼花簾蛤(*Ruditapes variegatus*)、花蛤 (*Gomphina aequilatera*)、橫簾蛤 (*Paphia amabilis*)、環文蛤 (*Cyclina sinensis*)。這些種類均是台灣西南沿海常見的潛棲性二枚貝類, 目前這些種類也是漁民於野外採集或作為養殖的重要二枚貝類(Wu, 1980a; Wu, 1980b; 巫, 2000)。

本研究的對象為環文蛤 (*Cyclina sinensis* Gmelin 1791) (Fig. 1), 俗稱青蛤、黑蛤、海蜆。分類上屬於雙殼綱(Bivalvia)、真瓣鰓目(Lulamellibranchia)、簾蛤科(Veneridae)、環文蛤屬 (*Cyclina*), 該屬種類在臺灣僅環文蛤一種, 為一種常見的廣溫廣鹽性底棲貝類 (Wu, 1980b)。環文蛤主要分布於朝鮮、日本、中國、臺灣及東南亞等地沿海的沙岸地區 (于等, 1995)。臺灣的分布則主要以西部河口濕地或沙泥底質的淺海區居多。環文蛤是一種潛棲性二枚貝類, 潛沙深度大

約介於 10-20 cm 之間，隨個體大小、季節和底質硬度而有所不同。一般而言，個體較大者以及冬季溫度低和多沙的底質環境中潛沙較深（王等，2006）。環文蛤移動方式主要有兩種，一種是利用其強而有力的斧足潛行，此種移動方式以成貝居多。另一種方式則是將外套腔內的水快速排出，貝殼快速閉合使外套腔內充滿氣體而減輕自身的重量，隨潮水流動而飄移，這種移動方式多見於稚貝和幼貝（王等，2006）。攝食方式上，環文蛤和大多數二枚貝類一樣為濾食性動物，平常將吸水管伸出交換水中氧氣並濾食浮游藻類及有機碎屑（王等，2006）。殼長 3 cm 以上之環文蛤被視為成體，成體最大殼長可達 6-7cm 左右，壽命最長不超過 10 年（于等，1995）。環文蛤具有膨大的外形，殼頂往前方與後方均呈斜圓狀，外殼頂部為黑色，往外顏色漸淡，殼外緣為淡紫色，故在台灣又俗稱「赤嘴仔」。貝殼表面上無放射肋，有清楚突出表面的生長輪紋，在紫色外環部份特別清晰而成為網紋彫刻。殼面為淡黃色或黑紫色，視其棲息環境的底質組成而定，1cm 以下的幼貝多呈紫色。殼的內面為白色，內殼邊緣帶有紫色並有細小的鋸齒排列，鉸齒發達而堅硬（于和鄭，1995；巫，2000）。

環文蛤為盛產於台灣西南沿海的食用貝類。目前在市面所見的環文蛤主要來自野外的採捕，每年夏季漁民在退潮後以耙具或徒手挖掘採捕 4 cm 以上的成貝於當地的魚市場販售，其零售價格略高於文

蛤，每台斤在 30~70 元間，依大小而有所差異（莊，2006）。環文蛤在中國及韓國為重要的養殖貝類，根據聯合國農糧組織(FAO)於 1988 年對亞洲主要貝類養殖國家之統計資料指出，1980-1987 年間韓國的環文蛤每年平均產量約 1400 公噸（莊，2006）。中國從 1963 年開始在福建省進行環文蛤人工放養並取得初步成果（蔡和林，1965），之後二十多年來各地也分別發展環文蛤養殖，因此兩國在繁殖方面的研究特別積極並具有相當的成果。國內目前尚未發展環文蛤的養殖事業，因此有關環文蛤的相關研究仍十分有限，有關環文蛤的研究論文只有一篇生殖生物學方面的研究（莊，2006），對於台灣環文蛤野外資源現況及分布情形雖然有相關的報告但卻略顯簡略(戴和郭，2006；楊等，2007)，且研究著重定性的描述，欠缺定量的估算。

許多文獻指出，棲息於河口泥灘地的二枚貝類的分佈及密度，是由複雜的生物及棲地環境因子交互作用所決定(Thrush et al., 2005；Mats et al., 2008)。其中隨環境因子的水質及底質條件的不同，往往會造成二枚貝類在分佈及密度甚至生長情形上產生明顯的差異（Andrews and Cook, 1951；Gabrielb and Delacruz, 1974；Duobinis-Gray et al., 1982；張等，2005），其中水溫、鹽度的變化及底質的組成經常具有很大的影響(Neil, 1982；Kelly and Scott, 2008)。回顧環文蛤棲地的相關研究指出，環文蛤的分布範圍遍及整個潮間

帶，但以高潮區的中下區域其密度最高（蔡和林，1965）。環文蛤具有很強的適應力，對於棲息的環境雖然沒有嚴格的要求但仍有一定的範圍。環文蛤喜歡棲息於水流暢通、水質乾淨以及位於淡水流入的河口附近（于等，1995）。環文蛤的棲息區域的水溫多在 15-30°C，鹽度在 5-20 psu，pH 值則在 7.5-8.5 之間（王等，2006）。其中水溫和鹽度對環文蛤的新陳代謝和攝食能力為正相關關係，且水溫及鹽度較高的區域也有較多環文蛤分布的趨勢（于等，1995）。pH 值則對環文蛤的生長與繁殖有較大的影響，在 pH 值 8-8.5 間環文蛤的生長速度快繁殖受精率高（吉，2006）。底質相關研究方面，環文蛤對底質要求不高，不論是在粗砂、細砂、泥砂均能生長，但生長情形及分布密度以粗砂最好，細砂次之（于等，1995；金，2005）。2006 年在台南縣黑面琵鷺保護區中對環文蛤密度初步調查中，發現環文蛤在泥灘地的分布往往呈現非均勻分布，棲地的感潮效應的好壞決定了保護區內環文蛤的密度的高低。同時底質的沙泥組成，對於環文蛤的分布亦有相當的影響，該結果顯示保護區中環文蛤偏好沙質為主的底質環境（楊等，2007）。綜合上述的研究文獻，野外環文蛤族群的分布及密度應會隨著水溫、鹽度、底質組成等環境因子的變化而有所不同。

七股濕地位在台南縣七股鄉曾文溪口以北、台 17 號省道以西，包括了七股潟湖、七股鹽田和曾文溪口的浮覆地。此區域有廣大的潟

湖地形加上鹽田部分吸引數量龐大的度冬水鳥如鷗鷺、黑嘴鷗、黑腹燕鷗等。魚貝類資源也非常豐富，調查指出本區至少 125 種魚類、73 種貝類(薛，1995)。其中位於七股鄉龍山村，海寮附近的七股溪出海口，由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邊設有兩座大型賞鳥亭，供民眾欣賞棲息於沙洲內的各種鳥類。紅樹林周遭也蘊藏著豐富的生機，常見彈塗魚、招潮蟹及各種貝類的蹤跡。目前對棲息於紅樹林沙洲上的各種生物，除了鳥類之外對其他物種的分布情形缺乏相關的資料及研究。因此若想對這一塊紅樹林沙洲有更進一步的了解，對於其他物種的基礎生態調查是必要的。

本研究選擇棲息於七股溪口沙洲上的環文蛤為研究對象，分析七股溪口沙洲上水質及底質資料，了解不同環境因子對環文蛤族群分佈的影響。本研究擬分析各環境因子間的相關性並找出主要影響環文蛤族群分佈數量的環境因子，了解這些環境因子的變化對環文蛤族群的分佈所造成的影響，並進一步釐清環境因子和環文蛤族群相互間的關係。採樣的過程中，同時也紀錄所採集環文蛤的外部形質包含殼長、殼高、殼寬、體重及年齡，並進行相關分析，以進一步了解七股溪口沙洲上環文蛤的生長概況及形質組成。近年來，國內野外的環文蛤資

源由於人為的濫捕以及環境污染而急速的下降，但由於缺乏野生環文蛤的相關生態環境資料，對於環文蛤資源的恢復及保護的相關工作便不易規劃。本研究希望透過探討棲地環境的變化對環文蛤族群之影響，可以更了解台灣環文蛤的生態習性及資源現狀，對於將來環文蛤資源的開發利用及保育可進行更有效的規劃，以期達到資源的永續利用。



材料與方法

採樣時間與地點

研究時間共計 12 個月。自 2008 年 7 月至 2009 年 6 月止。採樣時間選擇在每月月初或月底的大潮前兩天，於下午達到乾潮後開始採樣，每月採樣一次。

採樣地點在七股鄉龍山村海寮附近 ($23^{\circ}07'N$, $120^{\circ}05'E$)，位於七股溪出海口，距離七股潟湖約 1.2 公里處(Fig. 2)，主要由馬鞭草科的海茄苳所構成的紅樹林沙洲。沙洲呈現三角狀分別由七股溪、三股溪以及小排水溝所環繞，總面積 53,597 平方公尺。七股溪呈東西向，河道較為寬廣可行駛膠筏，河道上遍佈漁民所設置的網罟及蚵棚。潮汐變化上易受河口季風影響，而隨季節有明顯的變動，紅樹林沙洲所裸露出的泥灘地寬窄變動亦大。三股溪由南往北注入七股溪，較不受來自七股溪出海口季風的影響，潮汐變化上較為穩定，所裸露出的泥灘地寬窄較固定。小排水溝狹窄且水深也較淺，故此區域的河水流速慢泥沙易淤積，潮水也不易排出，裸露出的泥灘地寬窄變動亦大。

樣區設計上，將此區域的紅樹林沙洲依其所臨近的水道分為三塊採樣區，七股溪河道區長 398 公尺，小排水溝區長 264 公尺，三股溪河道區長 203 公尺(Fig. 3)。採用穿越線(transect line)抽樣調查法(Nielsen et al., 1992)。每區規劃三條穿越線，穿越線從海茄苳的氣根

區向下延伸至水線總長為 6 公尺，每條穿越線又從氣根區至水線劃分為高、中、低三段潮位，每段潮位長 2 公尺，寬 0.2 公尺，分別進行水質、底質及環文蛤的採樣。每個採樣區可採集 9 個樣本，每月可從七股溪口沙洲採集 27 個樣本(Fig. 4)。

調查項目與方法

環文蛤

本研究的實驗動物，選擇棲息於七股溪河口沙洲上的環文蛤 (*Cyclina sinensis* Gmelin 1791) (Fig. 1)。使用鏟子採取深度約 10cm 之底泥並以 0.5 mm 網孔的篩網過濾及除去雜質，將過篩後留在篩網的環文蛤倒入夾鍊袋內，低溫保存帶回實驗室後清洗環文蛤表面雜質並擦乾後，以游標尺測量環文蛤的殼長、殼高、殼寬至 0.1 公分 (Fig. 5)，體重則以電子秤量測量至 0.1 公克(巫，2000)。

環文蛤的年齡是由殼表面的生長輪，藉由透光觀察到的明暗帶做為年輪判讀的依據。一齡殼長在 1.45-2.1 cm 之間；二齡殼長在 2.5-3.2 cm 之間；三齡殼長在 3.5-3.8 cm 之間；四齡殼長在 4-4.8 cm 之間；五齡殼長在 4.5-5 cm 之間。研究指出環文蛤具有年齡愈大生長愈慢的情況(于等，1995)。

本研究測得的體重是指濕重，為殼重及濕肉重的總合。而體重與殼長、殼高及殼寬的關係可用下式表示：

$$W=a \times L^b \text{-----}(1)$$

W 為體重(g)，L 為殼長、殼高與殼寬(cm)，a 與 b 為常數。

本研究的環文蛤密度估算，以每段穿越線所採集之環文蛤個數除以每段穿越線所涵蓋面積 0.4 m^2 來求得，單位為 ind./m^2 。

環境因子測量

水質因子主要收集 pH 值、鹽度(psu)、水溫($^{\circ}\text{C}$)、溶氧(mg/l)，並以攜帶式的水質測定儀(sensION156)於各測點測量取得(謝，2005)。

底質因子主要收集含水量、有機質含量、粒徑、泥沙比。含水量由各樣區的底泥以鏟子收集深度約 10cm 之表層底泥後，低溫保存帶回實驗室取 25 g。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，參考環保署公佈之 NIEA S280.61C 測定風乾後底泥之土壤水分含量，計算方法如下：

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

W_1 為烘乾前土壤重(g)， W_2 為烘乾後土壤重(g)。

底泥的有機物含量參考 Brettar and Hofle (2002)之分析方法。取扣除鹽分後的風乾土 5 g，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並秤重，計算方法如下：

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

W_3 為灰化前土壤重(g)， W_4 為灰化後土壤重(g)。

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_2O_2 放入超音波震盪器 30 min 後靜置數天，使 H_2O_2 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 放入超音波震盪器 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 $((NaPO_3)_6)$ 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。中值粒徑 62-250 μm 為細砂，4-62 μm 則為泥(Table 1)。

資料處理

1. 利用 two-way ANOVA 比較在不同月份，潮位下環文蛤密度是否有差異，若有差異再以 Duncan 進行兩兩比較，其數學模式為：

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}, i=1,2, j=3, k=3 \text{-----}(4)$$

μ = 族群均值， α_i = 月別效應， β_j = 潮位效應， $(\alpha\beta)_{ij}$ = 月別、潮位交感效應， ε_{ijk} = 試驗誤差

2. 利用 two-way ANOVA 比較在不同月份，採樣區水質因子是否有差異，若有差異再以 Duncan 進行兩兩比較，其數學模式為：

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}, i=1,2, j=3, k=3 \text{-----}(5)$$

μ =族群均值， α_i =月別效應， β_j =採樣區效應， $(\alpha\beta)_{ij}$ =月別、採樣區交感效應， ε_{ijk} =試驗誤差

3. 利用 three-way ANOVA 比較在不同月份，採樣區，潮位底質因子是否有差異，若有差異再以 Duncan 進行兩兩比較，其數學模式為：

$$X_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}, i=1,2, j=3, k=3, l=3 \text{-----}(6)$$

μ =族群均值， α_i =月別效應， β_j =採樣區效應， γ_k =潮位效應， $(\alpha\beta)_{ij}$ =月別、採樣區交感效應， $(\alpha\gamma)_{ik}$ =月別、潮位交感效應， $(\beta\gamma)_{jk}$ =採樣區、潮位交感效應， $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ =月別、採樣區、潮位交感效應， ε_{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

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

$$y_2 = a_2 X = a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2p} X_p \text{ 為第二主成分}$$

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

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。

本研究中所有測量與計算之數據，皆輸入 Excel 軟體，統計軟體使用 SAS Learning Edition 4.1。

結果

環文蛤的外部形態及密度

研究期間在七股溪口沙洲共計採集到 201 顆環文蛤，七股溪口沙洲的環文蛤樣本均採集於面臨七股溪河道的沙洲上，在面臨小排水溝及三股溪河道的沙洲在採樣期間未發現任何環文蛤個體。七股溪河道區所採集的環文蛤，殼長小於 1 cm 的幼貝多呈紫色(Fig. 1A)，殼長 1 cm 以上的環文蛤殼面大多偏黑紫色，殼緣顏色變淡且有明顯紫色環(Fig. 1B)，反應出本區為泥灘地的特徵。從 2009 年 3 月開始所採集到的環文蛤數目明顯增加，其中以 5 月 71 顆最多，4 月及 6 月分別以 32 顆及 34 顆居次(Fig. 6)。環文蛤樣本殼長範圍介於 0.65-5 cm 之間，殼高範圍介於 0.6-4.5 cm 之間，殼寬範圍介於 0.1-1.2 cm 之間，體重範圍介於 0.2-32 g 之間。七股溪河道區的環文蛤的主要殼長為介於 1-3 cm 的族群，約佔總採集樣本 70% (Fig. 7)，殼長大於 4 cm 以上僅有 19 顆。主要殼高為為介於 1-3 cm 的族群，約佔總採集樣本 70% (Fig. 8)，殼高大於 4 cm 以上僅有 12 顆。主要殼寬介於 0.2-0.6 cm 的族群，約佔總採集樣本 70% (Fig. 9)，殼寬大於 1 cm 以上僅有 11 顆。七股溪口沙洲的環文蛤的主要體重為為介於 0-10 g 的族群，約佔總採集樣本 70% (Fig. 10)，體重大於 20 g 以上僅有 16 顆。

由七股溪河道區採集到的 201 顆環文蛤的殼長(cm)，殼高(cm)，

殼寬(cm)與體重(g)資料，分別求得殼長、殼高及殼寬對體重的關係式

如下(Fig. 11)：

$$W=0.3394 \times L_1^{2.8623} \text{-----}(9)$$

$$W=0.4496 \times L_2^{2.7076} \text{-----}(10)$$

$$W=21.088 \times L_3^{1.9503} \text{-----}(11)$$

W 為體重(g)，L₁ 為殼長(cm)，L₂ 為殼高(cm)，L₃ 為殼寬(cm)。

環文蛤的年齡分佈，由七股溪河道區採集到的 201 顆環文蛤，從殼表面生長輪的明暗帶來判斷年齡，發現有超過 80%的環文蛤其年齡小於 3 齡，其中年齡不到 2 齡的更佔其中的 50%左右，而超過 3 齡以上的個體僅有 37 顆 (Fig. 12)。

七股溪河道區的環文蛤族群的殼長及年齡，依不同月份來做觀察。殼長上發現，從 2008 年的 8 月開始，七股河道區殼所採集到的環文蛤幾乎都以殼長 3cm 以下的族群為主，殼長 4cm 以上的環文蛤在各月份所佔比例均很低，在冬季時也很少採集到殼長 4cm 以上的樣本。而從 2009 年 3 月開始，殼長 2cm 以下的族群明顯增加，尤其殼長 1-2cm 的族群構成了主要的增加來源(Fig. 13)。從年齡上發現，從 2008 年的 8 月開始，七股河道區所採集到的環文蛤幾乎都以 3 齡以下的族群為主，4 齡以上的環文蛤在各月份所佔比例均很低，除 2008 年 7 月和 10 月有採集到 4 齡以上的環文蛤外，之後 4 齡以上的

環文蛤一直到 2009 年 3 月後才再被採集到。而從 2009 年 3 月開始，2 齡以下的族群明顯增加，尤其 0-2 齡的族群構成了增加的主要來源 (Fig. 14)。

七股溪河道區環文蛤的平均密度在月別變化上，2009 年 3 月到 5 月的密度明顯高於研究期間的其他月份。七股溪河道區的環文蛤平均密度從 2008 年 7 月研究開始，平均密度均很低，大約介於 1-2 ind./m² 之間。但從 2009 年 3 月開始明顯由 2009 年 2 月的 1.92 ind./m² 快速上升到 6.11 ind./m²，並且在 2009 年 5 月達到最高密度 19.72 ind./m²。環文蛤在低、中潮位的平均密度變化和總平均密度的變化幾乎一致，兩潮位都從 2009 年 3 月開始上升並在 2009 年 5 月達到最高密度 (Fig. 15)。在七股溪河道區的潮位上，環文蛤在低、中潮位的平均密度分別為 6.25 ind./m² 及 6.81 ind./m² 明顯高於高潮位的 0.9 ind./m² (Fig. 16) 顯示環文蛤主要分佈於低、中潮位。以 two-way ANOVA 進行分析，顯示環文蛤的平均密度在月份及潮位上均有顯著差異，且月份及潮位間有交互作用存在 (Table 3)。

水質環境

七股溪河口沙洲的 pH 值，於研究期間變化大約介於 7-8 間，在 2008 年 8 月和 9 月間 pH 值出現低於 7 的情形。由採樣區來觀察七股溪河口沙洲的 pH 值發現，七股溪河道區的 pH 值在 2009 年 1 月

最高達 8.14，2008 年 9 月的 pH 值最低達 6.56。小排水溝的 pH 值在 2008 年 9 月和 10 月最高達 8.06，2008 年 8 月的 pH 值最低達 6.6。三股溪河道區的 pH 值在 2008 年 11 月最高達 8.12，2008 年 8 月的 pH 值最低達 6.7(Fig. 17)。將三採樣區做比較發現，三股溪河道區的平均 pH 值 7.89 為三區最高，七股溪河道區的平均 pH 值 7.56 為三區最低(Fig. 22)。以 two-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲的 pH 值在月份及採樣區上均有顯著差異，且月份及採樣區間有交感存在(Table 3)。

七股溪河口沙洲的鹽度，於研究期間的變化大約介於 14-20 psu 間，在 2008 年 7 月曾出現低於 14 psu。由採樣區來觀察七股溪河口沙洲的鹽度值發現，七股溪河道區的鹽度在 2008 年 12 月最高達 22.23 psu，2008 年 7 月的鹽度最低達 13.53 psu。小排水溝的鹽度在 2009 年 3 月最高達 22 psu，2008 年 7 月的鹽度最低達 14.43 psu。三股溪河道區的鹽度在 2008 年 9 月最高達 20.83 psu，2008 年 7 月的鹽度最低達 11.23 psu (Fig.18)。將三採樣區做比較發現，小排水溝的平均鹽度 18.2 psu 為三區最高，三股溪河道區的平均鹽度 15.76 psu 為三區最低(Fig. 22)。以 two-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲的 pH 值在月份及採樣區上均有顯著差異，且月份及採樣區間有交感存在(Table 4)。

七股溪河口沙洲的水溫在變化上和當地氣象站所測到的氣溫變化一致。從 2008 年 10 月之後水溫及氣溫快速下降，到 2009 年 1 月達到最低水溫 16.49 °C 及最低氣溫 13 °C，從 2009 年 2 月後水溫及氣溫開始回升，到 2009 年 4 月後水溫及氣溫大約維持在 30 °C 左右 (Fig. 19)。由採樣區來觀察七股溪河口沙洲的水溫發現，其中七股溪河道區的水溫在 2008 年 7 月最高達 34.4 °C，2009 年 1 月的水溫最低達 15.63 °C。小排水溝的水溫在 2008 年 7 月最高達 33.03 °C，2009 年 1 月的水溫在最低達 17.63 °C。三股溪河道區的水溫在 2008 年 7 月最高達 33.27°C，2009 年 1 月的水溫最低達 16.2 °C (Fig. 20)。將三採樣區做比較發現，小排水溝的平均水溫 27.06 °C 為三區最高，七股溪河道區的平均水溫 25.79 °C 為三區最低 (Fig. 22)。以 two-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲的水溫在月份及採樣區上均有顯著差異，且月份及採樣區間有交感存在 (Table 5)。

七股溪河口沙洲的溶氧，於研究期間的變化大約介於 5-7 mg/l 間，在 2008 年 12 月出現 10 mg/l 的最高值及 2009 年 3 月出現 4 mg/l 的最低值。由採樣區來觀察七股溪河口沙洲的溶氧發現，其中七股溪河道區的溶氧在 2008 年 12 月最高達 11.56 mg/l，2009 年 3 月的溶氧最低達 2.23 mg/l。小排水溝的溶氧在 2008 年 12 月最高達 10.9 mg/l，2009 年 3 月的溶氧最低達 4.43 mg/l。三股溪河道區的溶氧在 2008 年 12 月最高

達 11.73 mg/l ，2009 年 3 月的溶氧最低 2.13 mg/l (Fig. 21)。將三採樣區做比較發現，三股溪河道區的平均溶氧 6.45 mg/l 為三區最高，小排水溝的平均溶氧 5.32 mg/l 為三區最低(Fig 22)。以 two-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲的溶氧在月份及樣區上均有顯著差異，且月份及採樣區間有交感存在(Table 6)。

底質環境

七股溪河道區底質的含水量，各月份間呈現穩定變化，大約介於 35-45 % 間，在 2009 年 2 月出現 50.56 % 的最高值和 2009 年 6 月出現 34.37 % 的最低值。小排水溝的含水量，在 2008 年的 8 月及 9 月出現含水量低於 30 % 的低值，其餘月份含水量都在 60 % 左右。2009 年 2 月出現 61.13 % 的最高值和 2008 年 9 月出現 29.52 % 的最低值。三股溪河道區的含水量，各月份之變化約介於 30-35 % 間，在 2008 年 10 月出現 43.24 % 的最高值和 2009 年 6 月出現 29.67 % 的最低值(Fig. 23)。七股溪口沙洲的含水量以小排水溝的平均含水量 52.8 % 為三區最高，三股溪河道區的平均含水量 35.5 % 為三區最低(Fig. 27)。由潮位上來看，中潮位的平均含水量 41.03 % 明顯低於低潮位的平均含水量 44.41 % 和高潮位的平均含水量 43.87 % (Fig. 28)。以 three-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲的含水量在月份，樣區及潮位上均有顯著差異，且月份、採樣區及潮位間有交感存在(Table 7)。

七股溪河道區的有機物含量大約介於 2.5-3 % 間，在 2009 年 1 月出現 3.51 % 的最高值和 2009 年 2 月出現 2.1 % 的最低值。小排水溝的有機物含量，在 2008 年 8 月及 9 月有機質含量低於 2.6 %，大部分月份的變化均介於 3.5-4 %。在 2008 年 7 月出現 4.06 % 的最高值和 2008 年 9 月出現 1.9 % 的最低值。三股溪河道區的有機物含量，大部分月份的變化均介於 3-4 %。在 2009 年 3 月出現 4.39 % 的最高值和 2009 年 1 月出現 2.15 % 的最低值 (Fig. 24)。小排水溝的平均有機物含量 3.43 % 明顯高於七股溪河道區的平均有機物含量 2.86 % 及三股溪河道區的平均有機物含量 3.03 % (Fig. 27)。由潮位上來看，高潮位的平均有機物含量 3.58 % 明顯高於中潮位的平均有機物含量 2.81 % 和低潮位的平均有機物含量 2.94 % (Fig. 28)。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，樣區及潮位上均有顯著差異，且月份、採樣區及潮位間有交感存在 (Table 8)。

七股溪河道區中值粒徑大部分月份均介於 62-250 μm ，因此可判斷七股溪河道區的底質以細砂為主。在 2008 年 8 月及 9 月由於是在颱風過後採樣，七股溪河道區的中值粒徑明顯下降。2009 年 6 月出現最大值 98.89 μm ，而在 2008 年 10 月出現最小值 55.52 μm 。小排水溝的中值粒徑在 2008 年 8 月為 71.34 μm 及 9 月為 97.07 μm ，由於是在颱風過後採樣，中值粒徑明顯變大。小排水溝的中值粒徑大部分

月份多小於 30 μm ，因此可判斷小排水溝的底質以泥為主。小排水溝的中值粒徑在 2009 年 1 月出現最大值 27.39 μm ，而在 2008 年 7 月出現最小值 19.25 μm (Fig. 30)。三股溪河道區中值粒徑各月份變化均介於 45-55 μm 。在 2008 年 6 月出現最大值 59.32 μm ，在 2008 年 12 月出現最小值 39.09 μm (Fig. 25)。七股溪口沙洲的粒徑以七股溪河道區的平均中值粒徑 74.11 μm 為最大，小排水溝的平均中值粒徑 33.93 μm 為三區最小(Fig. 27)。七股溪口沙洲的中潮位平均中值粒徑 54.72 μm 大於低潮位的平均中值粒徑 51.81 μm 及高潮位的平均中值粒徑 49.91 μm (Fig. 28)。以 three-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲的粒徑在月份，樣區及潮位上有顯著差異，且月份、採樣區及潮位間有交感存在(Table 9)。

七股溪河道區的泥沙比各月份呈現泥少沙多的情形，在 2008 年 10 月出現最大值 1.34，在 2009 年 6 月出現最小值 0.38。小排水溝的泥沙比在 2008 年 8 月及 9 月因是在颱風過後採樣，出現泥少沙多的情形外，其他各月份多呈現泥多沙少的情形。小排水溝的泥沙比大多介於 3-4 之間。小排水溝的泥沙比在 2009 年 6 月出現到最大值 4.58，而在 2009 年 1 月出現最小值 3.09。三股溪河道區的泥沙比各月份呈現泥稍多於沙的情形，2008 年 12 月出現最大值 2.31，而在 2009 年 6 月出現最小值 1.16(Fig. 26)。七股溪口沙洲的泥沙比以小排水溝的平

均泥沙比 3.46 為三區最大，七股河道區的平均泥沙比 0.81 為三區最小，三區的底質環境以小排水溝最為泥濘，三股溪河道區泥與沙所佔比例則大致相同，而七股河道區最為沙質(Fig. 27)。七股溪口沙洲的高潮位平均泥沙比 2.11 稍大於低潮位平均泥沙比 1.89 及中潮位潮位平均泥沙比 1.97 (Fig. 28)。以 three-way ANOVA 進行分析，顯示七股溪口沙洲的泥沙比在月份，樣區有顯著差異，但在潮位上則沒有差異，且月份、採樣區間有交感存在(Table 10)。

環境因子主成分分析結果

將七股溪口沙洲的八個環境因子進行主成分分析，發現必須要到第四主成分才會累積到總變異的 82%，其中前三個主成分的特性值都大於 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，主成分 3 的變異來自水質因子中的 pH 值 和鹽度，主成分 4 的變異中主要來自水質因子中的水溫(Table 11)。接著將水質因子及底質因子分開，再一次進行主成分分析。水質因子的主成分分析發現必須要到第 3 主成分才會累積到總變異的 85%，其中前兩主成分的特性值都大於 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，主成分 3 的變異來自 pH 值和溫度(Table

12)。底質因子的主成分分析發現必須要到第 2 主成分才會累積到總變異的 87%，其中只有第一主成分的特性值大於 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 13)。

將七股溪河道區所檢測的八項環境因子進行主成分分析，發現必須要到第 4 主成分才會累積到總變異的 83%，其中前三主成分的特性值都大於 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 值和水溫，主成份 4 的變異中主要來自水質因子中的 pH 值和溶氧(Table 14)。接著將水質因子及底質因子分開，再一次進行主成分分析。水質因子的主成分分析發現必須要到第 3 主成分才會累積到總變異的 84%以上，其中前兩主成分的特性值都大於 1。主成份 1 中的變異主要來自鹽度及水溫，主成份 2 中的變異主要來自 pH 值和溶氧，主成份 3 的變異來自 pH 值和溶氧(Table 15)。底質因子的主成分分析發現必須要到第 2 主成分才會累積到總變異的 89%，其中只有第一主成分的特性值大於 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及泥沙比(Table 16)。

討論

環文蛤族群

環文蛤的外部型態如結果所描述，全部的樣本中有超過 70 % 的個體其殼長不到 3 cm，因此可以發現棲息於七股溪河道區的環文蛤，主要是由較年輕的成貝個體所組成，大於 4 cm 以上的個體數目不但少，且從 2008 年夏季之後的數量明顯減少。二枚貝類在不同的成長階段有不同的生長速度(Sellmer, 1967；Morton, 1976)，環文蛤從稚貝期到 3 cm 左右的成貝期有較快的生長速度，之後生長速度逐漸趨緩(于等, 1995)，本區小於 3.5 cm 以下的環文蛤其殼長約略大或等於殼高，大於 3.5 cm 以上的環文蛤其殼長略等於或小於殼高。七股溪河口沙洲的環文蛤其殼長、殼高及殼寬和體重均呈現乘冪函數類型，殼長和殼高和體重間呈現高度相關，因此殼長及殼高是推估體重較適當的外部形態。年齡組成方面，七股溪河道區的環文蛤主要是由 2 齡及 3 齡為主要族群，其中 2 齡的環文蛤更佔此一族群接近一半的數量。綜合前面的敘述可以發現，七股溪河道區的環文蛤是以 2 齡且殼長不到 3 cm 的族群所構成。

從月別來觀察七股溪河道區環文蛤族群的變動，發現從研究期間 2008 年 7 月開始，環文蛤的平均密度幾乎都低於 2 ind./m²，一直到 2009 年 3 月的春季之後，環文蛤密度開始明顯增加。從月別殼長及

年齡組成中可以發現 2009 年 3 月增加的數量有很大的部分是來自殼長不到 2 cm，年齡不到 1 齡的幼貝的加入。研究指出，許多地區的底棲無脊椎動物主要加入量發生在春季及秋季(Cammen, 1979；Al-Barwani, 2007)，台灣環文蛤的最適繁殖季節大約為每年的 7-9 月(莊，2006)，透過對環文蛤生活史的了解，環文蛤從誕生到形成稚貝並定著大約一週左右的時間(王等，2006)，稚貝大約需一年的時間可長到殼長 1 cm 以上(于等，1995)，因此可以推測 2009 年 3 月加入的環文蛤，大約是在 2008 年 7 月左右誕生的族群。在研究期間也發現在每年的 6 月開始到 8 月為止，當地的民眾會開始在七股溪口沙洲上挖掘環文蛤，民眾大致沿著七股溪口沙洲的七股河道區進行全面性的採集。殼長 4 cm 以上的環文蛤是當地民眾的主要漁獲對象，從研究期間的月別變化中也可以發現 7 月後，殼長 4 cm 及 3 齡以上的環文蛤數量急速減少。此外由七股溪河道區的環文蛤密度變化上，發現從 2008 年 7 月後都維持平均密度在 2 ind./m² 以下，直到 2009 年 3 月後平均密度明顯上升，並在同年的 5 月達到最高平均密度 19.72 ind./m²。2009 年 6 月後隨著當地民眾開始採捕，環文蛤密度又開始下降。棲息於河口的二枚貝類主要天敵主要來自雜食性魚類及掠食性螺類和蟹類(Dame, 1996)，但天敵的存在往往不是造成二枚貝類密度急速下降的原因，反而是人類大規模無限制的捕撈才是主因(Andrews,

1971；Morton, 1978；Al-Barwani et al.; 2007)，在七股溪河道區環文蛤密度的變化正好顯示出上述的現象。總而言之，七股溪河道區的環文蛤密度在每年春季開始因稚貝族群加入而上升，但由於夏季的密集採捕造成密度快速下降，證明了七股溪口沙洲在每年的夏季面臨著很大的漁撈壓力。

由不同潮位來觀察七股溪河道區環文蛤的分佈及密度發現，環文蛤分佈在七股溪河道區的低及中潮位平均密度大約介於 6-7 ind./m² 間，到了位在紅樹林氣根區的高潮位其平均密度明顯下降到 1 ind./m² 以下，因此七股溪河道區環文蛤主要分佈於低及中潮位。相關文獻指出，紅樹林的氣根會阻礙二枚貝類的潛沙能力，造成紅樹林氣根區不適合潛棲型二枚貝類的分佈(Daiber, 1982；Capehart and Hackney, 1989)，因此位於高潮位的紅樹林的氣根區限制了環文蛤的分佈。七股溪河道區的環文蛤的密度也隨著越靠近七股溪河道而增加，在一些沿海河口的調查中也發現環文蛤主要分佈在紅樹林沙洲氣根區以下的潮間帶或高潮區中下區域(蔡和林，1965；Jiang and Li, 1995)。

七股溪口沙洲環境特徵

本研究調查七股溪口沙洲的環境中的水質及底質因子。結果顯示七股溪口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。以水質而言，七股溪口沙洲由於接近七股

溪出海口，因此 pH，鹽度，水溫及溶氧在不同月份間有明顯的變化。其中位於七股溪河道區的水質，由於河道寬廣且直接面對來自出海口的海風及潮汐，在 pH 值及水溫上和其他兩區比較起來較低。小排水溝位於七股溪口沙洲內側，受到沙洲上紅樹林的遮蔭加上狹窄及水淺的特徵，淡海水的交流較不旺盛，造成此區域較高的鹽度及水溫。三股溪河道區由於恰好介於七股河道及小排水溝因此水質因子的變化大約介於兩區之間。底質而言，由於七股溪口沙洲受到三個不同的水道包圍，由於三水道的寬度明顯不同造成了流速上的差異，寬度最大的七股溪河道區的底質明顯是由粒徑介於 62-250 μm 細砂所構成，泥沙比上也明顯偏沙。小排水溝的寬度為三區最小加上水深較淺，潮汐進出較不易。以上的環境造成泥沙及物質容易在小排水溝區淤積，水也不易排出，因此小排水溝區粒徑均小於 20 μm 含泥量超過 80 %，底泥的含水量即有機質含量均是三區中最高。三股溪河道區由於恰好介於七股溪河道區及小排水溝之間，因此底質因子的變化除了含水量由於此三股溪河道區沙洲地勢較高，加上泥灘地易受到陽光曝曬，該區的底質含水量較低外，其餘底質因子大約介於兩區之間。

經由主成分分析進一步分析七股溪口沙洲環境變異可以發現，底質中的四個因子是造成七股溪口沙洲，隨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、泥沙比各佔有相近的

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，pH 值、鹽度、水溫、溶氧四個因子各佔有相近的影響力。因此可以了解，七股溪口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，造成七股溪口沙洲可以被區分成三塊截然不同的棲地環境。

環文蛤族群與環境因子

研究期間，七股溪口沙洲上除了環文蛤之外，並未發現其他種類的二枚貝類。另外所採集到的 201 個環文蛤，全部採集自面臨七股河道區的沙洲。由環境因子的分析中可以發現，七股溪河道環境的變異，依主成分分析結果發現變異來自底質的四個因子，接著才是水質的四個因子所造成。環文蛤為一種廣溫、廣鹽性貝類，只要棲息環境的水溫及鹽度不要出現太極端的變化，基本上對環文蛤的分佈及存活不會有太大的影響(王等，2006)。由於七股溪口沙洲上面的三個區域，在水質的變動大致上都在環文蛤可接受的範圍 (Table 17)，所以底質比水質更可能是造成環文蛤只棲息於七股河道區的重要因素。其中底質中的粒徑及泥沙比扮演著重要的角色，不同的底質組成往往棲息著不同種類的二枚貝類(Peterson, 1991)，其中濾食性的二枚貝類比較偏好大粒徑的沙質底質環境(Rhoads and Young, 1970；Dame, 1996)。七股溪口沙洲區的底質粒徑大小依土壤分級標準(Nielsen et al.,

1992)屬於細砂，對環文蛤而言，不同的底質對環文蛤的生長及存活率有相當的影響，其中以粗砂的效果最好，細砂則次之，泥砂則最差(于等，1994)。棲息於沙泥灘的環文蛤偏好含砂率 60-70 %的底質環境(蔡和林，1965)，研究也指出環文蛤同屬簾蛤科的文蛤，也同樣偏好棲息於含砂率 60-80 %的底質環境(Wu, 1980b)。因此七股溪河道所具有的底質條件相較於泥質的小排水溝及偏泥質的三股溪河道而言是濾食性的環文蛤較適宜的棲地。另外考慮到環文蛤幼蟲的附著效率，底質為沙質屬於細砂的粒徑大小最適合幼蟲的附著，泥質或黏土的底質環境則不利於幼蟲附著(孫等，2003)，由於二枚貝類移動能力弱，因此二枚貝類幼蟲的附著情形往往決定其日後成貝的分佈(Sekiguchi, 1991；Tsutsumi and Sekiguchi, 1996)。所以底質由細砂為主的七股河道區便成為七股溪口沙洲唯一有環文蛤分佈的區域。

環文蛤的密度及分佈除了會受到水質及底質的影響外，其他尚有濁度、流速、餌料生物多寡及種類、天敵多寡、他種貝類競爭等因素都會對環文蛤的密度及分佈產生影響(孫等，2003)。此外採捕的行為對環文蛤密度有明顯的影響，當地民眾所採取的大範圍式挖掘的策略不但使大型個體的環文蛤在短時間內被採捕殆盡，而幼貝也在採捕過程中被任意棄置於沙洲上而被河水沖走造成損失，對於七股溪股沙洲環文蛤資源量的成長造成負面的影響。未來若要更進一步了解七股溪

口沙洲環文蛤族群密度變化和環境對其分佈之影響，除了可將上述的環境因子列入資料收集對象並做進一步的分析之外，對於當地民眾環文蛤的採捕做紀錄並進行量化，使七股溪口沙洲環文蛤資源的利用能在永續利用的原則下進行開發。綜合上述的資訊才能對七股溪口沙洲環文蛤資源量的變動可以有更完整掌握及理解，這些資訊對於未來七股溪的環文蛤資源的開發利用及保育規劃提供重要的參考依據。



結論

1. 七股溪口沙洲的環文蛤主要由殼長 3 cm 及 2 齡以下的族群所構成。環文蛤主要加入量發生在春季，在每年夏季由於捕撈造成密度明顯下降，顯示七股溪口沙洲的環文蛤受到很大的漁撈壓力。
2. 七股溪口沙洲可以依環繞四周的七股溪河道、小排水溝及三股溪河道分成三塊由不同水質及底質因子所構成的棲地環境，其中底質的四個因子是主要的變異來源。
3. 七股溪口沙洲的環文蛤只分佈於七股溪河道，且主要集中在低及中潮位。此區具有較大粒徑及偏沙的底質環境，環境上有利於環文蛤定著及生長。
4. 七股溪河道區的環文蛤產量根據採樣記錄來估算，以 2009 年 5 月最高密度 19.72 ind./m^2 為基準，其中殼長 3.5 cm 的環文蛤約佔 20% 左右，因此殼長 3.5 cm 以上的環文蛤其密度約為 4 ind./m^2 。3.5 cm 以上的環文蛤其平均重量約 20 g/ind. ，而七股溪河道的中及低潮位總面積約 1,592 平方公尺，故每年的夏季可生產 212 台斤/月 殼長 3.5 cm 以上的環文蛤，以環文蛤市價 70 元/台斤來計算，每年夏季最低有 14,840 元的產值。未來建議將七股溪口沙洲的環文蛤資源以體驗活動的方式取代傳統過度捕撈行為，使當地環文蛤資源可以永續利用，並創造更大產值。

謝誌

本研究得以完成，首先要感謝指導教授 李英周老師兩年來在我修讀碩士期間的不論是在課業、研究或是論文寫作方面的細心教導與指正，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、行政院農業委員會水產試驗所 蘇茂森副所長以及海洋大學環境生物與漁業科學學系 莊守正老師，在百忙之中給予指正與建議。

實驗過程中，有許多默默幫助我的人，在此一一致謝。感謝蘇志杰老師提供雷射粒徑分析儀以及曾靜宜同學熱心的指導我使用分析儀器。溪南休閒農業區 吳仲常先生、龍海號 林明德先生在研究期間的協助及寶貴的意見使研究可以順利進行。也感謝實驗室成員惟哲、君翰、秉宏、皇安、榮琦、承容等學長們指導我如何規劃野外採樣計畫及分析資料，還有感謝政達、芷毓、鐘菁、翊誠、哲瑋與耀弘不辭勞苦的幫我採樣，並在研究的過程中帶給我許多歡樂和幫助。同時也感謝大學及高中時期的好友們不時的關心與鼓勵。

最後，僅將此文獻給摯愛的家人，感謝您們一路上無悔的付出與包容，使我能有今天的成果，一切的榮耀都與您們分享。

參考文獻

- 于應紹、王慧、劉渝仙、盛文權、王道中、黃宇宇、李何(1994)。青蛤生態及繁殖習性。海洋科學 2：17-19 頁。
- 于應紹、王慧、陳平(1995)。青蛤生境及生長。水產學報 19：276-279 頁。
- 于應紹、鄭曉東(1995)。青蛤的形態與構造。海洋漁業 17：59-62 頁。
- 王興強、曹梅、閻斌倫、馬姓、董雙林(2006)。青蛤的生物學及其繁殖。水產科學 25：312-316 頁。
- 行政院環保署環境檢驗所：<http://www.niea.gov.tw/analysis/index.html>
- 吉紅九 (2006)。青蛤繁育及养殖技术。科學養魚 14：14-15 頁。
- 江進富(1999)。台灣西南沿海濕地生態導覽手冊。行政院農委會。71-74 頁。
- 巫文隆、吳錫圭(1995)。台灣紅樹林溼地軟體動物相及其分佈。紅樹林生態系研討會論文集。155 -178 頁。
- 巫文隆(2000)。台灣經濟性貝類研究參考圖冊。行政院農委會。86-87 頁。
- 金春華 (2005)。溫度和鹽度對青蛤耗氧率和排氮率的影響。麗水學院學報 27：46-51 頁。

- 胡忠恆、陶錫珍(1995)。台灣現生貝類彩色圖鑑。國立自然科學博物館。228 頁。
- 莊智麟(2006)。彰化沿海地區環文蛤之生殖生物學研究。國立台灣海洋大學環境生物與漁業科學系碩士論文，4-10 頁。
- 孫同秋、田杞承、李永明(2003)。青蛤棲息分佈及生長環境的環境要求。水產科技情報 30：210-211 頁。
- 張憲國、劉勁成、陳蔚璋、蔡弘偉(2005)。淺灘文蛤復育與其環境因子之研究。第 27 屆海洋工程研討會論文集：1059-1064 頁。
- 戴子堯、郭忠誠 (2006)。黑面琵鷺保護區內環文蛤之初勘。黑面琵鷺保育學會會刊 20：32-38 頁。
- 楊啟忠、郭忠誠、黃福興、吳世鴻、陳淑琴、汪雨新、戴子堯 (2007)。黑面琵鷺保護區環文蛤密度之調查。黑面琵鷺保育學會會刊 23：51-62 頁。
- 蔡英亞、林兩德(1965)。福建沿海青蛤的生態調查。動物學雜誌 5：223~225 頁。
- 薛美莉(1995)。消失中的濕地森林：記台灣的紅樹林。台灣省特有生物研究中心。66-72 頁。
- 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。

- Al-Barwani S.M., A. Arshad, S.M. Nurul Amin, S.B. Japar, S.S. Siraj and C.K. Yap. (2007). Population dynamics of the green mussel *Perna viridis* from the high spat-fall coastal water of Malacca, Peninsular Malaysia. *Fish. Res.* 84 : 147–152.
- Andrews, J. (1971). Seashells of the Texas coast. Uni. of Tex. Press, Austin. 298 pps.
- Andrews, J. D. and K. Cook. (1951). Range and habitat of the clam *Polymesoda caroliniana* (Bosc) in Virginia (family Cycladidae). *Ecology* 32: 758-760.
- Brettar, I and M. G. Hofle. (2002). Close correlation between the nitrate elimination rate by denitrification and organic matter content in hardwood forest soils of the upper rhine floodplain . *Wetlands* 22 : 214-224.
- Cammen, L. M. (1979). The macro-infauna of a North Carolina salt marsh. *The Amer. Mid. Natur.* 102:244–253.
- Capehart, A. A. and C. T. Hackney. (1989). The potential role of roots and rhizomes in structuring salt-marsh benthic communities, *Estuaries* 12:119-122.
- Daiber, F. C. (1982). Animals of the Tidal Marsh. Van Nostrand Co., New York. 422 pps.
- Dame, R. F. (1996). Ecology of Marine Bivalves: An Ecosystem Approach. Boca Raton (FL): CRC Press. 272 pps .
- Doering, P.H., C.A. Oviatt, and J.R. Kelly. (1986). The effects of the filter-feeding clam *Mercenaria mercenaria* on carbon cycling in experimental marine mesocosms. *J. Mar. Res.* 44: 839–861.

- Duobinis-Gray, E. M. and C. T. Hackney. (1982). Seasonal and Spatial Distribution of the Carolina Marsh Clam *Polymesoda caroliniana* (Bosc) in a Mississippi Tidal Marsh. *Estuaries* 5 : 102-109.
- Gabrielb, C. and A. A. Delacruz. (1974). Species composition, standing stock and net primary production of a salt marsh community in Mississippi. *Ches. Sci.* 15:72-77.
- Holme, H. A. and A. D. McIntyre. (1971). Methods for the Study of Marine Benthos. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 334p.
- Howard J.K. and K.M. Cuffey. (2003). Freshwater mussels in a California north coast range river: occurrence, distribution, and controls. *J. N. Am. Benth. Soc.* 22 : 63-77.
- Jiang, J. X. and R. G. Li. (1995). An ecological study on the Mollusca in mangrove areas in the estuary of the Jiulong River. *Hydrobiologia* 295: 213-220.
- Johnson, R. A., and Wichern, D. W. (1998). *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 4th ed.: 430-440.
- Kelly, M. H. and Scott W. N. (2008). A Half Century Assessment of Hard Clam, *Mercenaria mercenaria*, Growth in Narragansett Bay, Rhode Island. *Estuaries and Coasts* 31:755–766.
- Mats, W., O. Mustonen, and M. Kilpi. (2008). Distribution of a marginal population of *Mytilus edulis*: responses to biotic and abiotic processes at different spatial scales. *Mar. Biol.* 153:1153–1164.
- Morton, B. (1976). The biology and functional morphology of the Southeastasian mangrove bivalve, *Polymesoda (Geloina) erosa* (Solander, 1786) (Bivalvia: Corbiculidae). *Can. J. Zool.* 54:482-500.

- Morton, B. (1978). The population dynamics of *Anomalocardia squamosa*, Lamarck in Hong Kong. *J. Moll. Stud.* 44: 135-144.
- Neil, B. (1982). Distribution, reproduction, and growth of Manila clam, *Tapes philippinarum* in British Columbia. *J. Shellfish Res.* 2: 47-54.
- Nielsen, L. A., D.L. Johnson, and S. S. Lampton. (1992). Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp468.
- Peterson, C. H. (1991). Intertidal zonation of marine invertebrates in sand and mud. *Am. Sci.* 79:236–249.
- Rice, M. A., and J.A. Pechenik. (1992). A review of the factors influencing the growth of the northern quahog, *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758). *J. Shellfish Res.* 11:279–287
- Rhoads, D. C. and Young, D. K. 1970. The influences of deposit-feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. *Journal of Marine Research*, 28:150-178.
- Sekiguchi, H. (1991). Spatial and temporal distributions of planctonic and benthic phases of bivalves in a tidal estuary. *Benthos Res.* 40 : 11-21.
- Sellmer, G. P. (1967). Functional morphology and ecological life history of the gem clam, *Gemma gemma*. *Malacologia* 5: 137-223.
- Shaw, S. P. and C.G. Fredine. (1956). Wetlands of the United States – their extent and their value to waterfowl and other wildlife, U.S. Department of the Interior, Washington, D.C., pp 67.
- Thrush, S.F., J. E. Hewitt, P. M. J. Herman, and T. Ysebaert. (2005). Multi-scale analysis of species-environment relationships. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 302:13–26.
- Tsutsumi Y., and H. Sekiguchi. (1996) Spatial distributions of larval, newly-settled and benthic stages of bivalves in subtidal areas adjacent to tidal flats. *Benthos Res.* **50**: 29–37.

Vaughn, C. C. and C. C. Hakenkamp. (2001). The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwat. Biol.* 46:1431–1446.

Wu, W. L. (1980a). The list of Taiwan bivalve fauna. *J. of the Taiwan Museum* 33: 65-67.

Wu, W. L. (1980b). The important edible bivalves in Taiwan. *Bull. Malacol. R.O.C.* 7:101-114.



Table 1. 底質粒徑分級標準(Holme and McIntyre, 1971)。

名稱	mm	μm
極粗砂	2~1	2000~1000
粗砂	1~1/2	1000~500
中砂	1/2~1/4	500~250
細砂	1/4~1/8	250~125
極細砂	1/8~1/16	125~62
粉砂	1/16~1/256	62~4
粘土	Below 1/256	<4



Table 2. 七股溪口沙洲月別，潮位別環文蛤密度變方分析表。

變因	自由度	F 檢定	P 值
月	11	23.11	<.0001
潮位	2	30.6	<.0001
月*潮位	22	5.86	<.0001
誤差	72		
總和	107		

Table 3. 七股溪口沙洲月別，樣區別 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*採樣區	22	105.5	<.0001
誤差	288		
總和	323		

Table 4. 七股溪口沙洲月別，樣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*採樣區	22	43.66	<.0001
誤差	288		
總和	323		

Table 5. 七股溪口沙洲月別，樣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*採樣區	22	168.09	<.0001
誤差	288		
總和	323		

Table 6. 七股溪口沙洲月別，樣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*採樣區	18	39.28	<.0001
誤差	248		
總和	278		

Table 7. 七股溪口沙洲月別，樣區別，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*採樣區	22	28.45	<.0001
月*潮位	22	5.87	<.0001
採樣區*潮位	4	24.27	<.0001
月*採樣區*潮位	44	4.41	<.0001
誤差	216		
總和	323		

Table 8. 七股溪口沙洲月別，樣區別，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*採樣區	22	7.83	<.0001
月*潮位	22	3.81	<.0001
採樣區*潮位	4	17	<.0001
月*採樣區*潮位	44	3.25	<.0001
誤差	214		
總和	321		

Table 9. 七股溪口沙洲月別，樣區別，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*採樣區	22	7.83	<.0001
月*潮位	22	3.81	<.0001
採樣區*潮位	4	17	<.0001
月*採樣區*潮位	44	3.25	<.0001
誤差	216		
總和	323		

Table 10. 七股溪口沙洲月別，樣區別，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*採樣區	22	7.78	<.0001
月*潮位	22	1.69	0.0315
採樣區*潮位	4	0.88	0.4767
月*採樣區*潮位	44	1.91	0.0013
誤差	216		
總和	323		

Table 11. 七股溪口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 12. 七股溪口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 13. 七股溪口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

Table 14. 七股溪口沙洲之七股溪河道區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	0.036047	0.407248	0.591505	0.634342	-0.19485	0.19535	-0.02945	-0.05991
鹽度	-0.314061	0.38671	-0.315086	0.132682	0.65526	0.406111	0.142102	-0.14301
水溫	0.086307	-0.365003	0.675181	-0.255686	0.548069	0.045351	0.105347	-0.15667
溶氧	-0.044321	-0.670748	-0.211314	0.641301	0.04513	0.036755	0.293223	-0.05334
含水量	0.479005	0.245544	-0.095167	-0.068164	-0.06851	-0.19826	0.66711	-0.45555
有機質含量	0.435305	-0.136022	-0.062867	-0.176141	-0.19476	0.829976	0.050768	0.16632
粒徑	-0.485737	0.0415	0.18653	-0.178704	-0.2061	0.055485	0.656643	0.467838
泥-沙比	0.485568	0.144773	-0.050168	0.189094	0.380988	-0.24952	0.055399	0.703214
特徵值	3.2912715	1.34375793	1.22386165	0.7567853	0.609239	0.430624	0.243958	0.100503
累積特徵值	3.2912715	4.63502946	5.85889111	6.61567641	7.224915	7.655539	7.899497	8
貢獻度(%)	0.4114	0.168	0.153	0.0946	0.0762	0.0538	0.0305	0.0126
累積貢獻度(%)	0.4114	0.5794	0.7324	0.827	0.9031	0.9569	0.9874	1

Table 15. 七股溪口沙洲之七股溪河道區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	0.146004	0.710375	0.680277	-0.106182
鹽度	-0.686701	0.068042	0.185523	0.699566
水溫	0.679584	0.1316	-0.173953	0.700419
溶氧	0.212812	-0.688055	0.687419	0.093519
特徵值	1.3736862	1.23267506	0.73744326	0.65619548
累積特徵值	1.3736862	2.60636126	3.34380452	4
貢獻度(%)	0.3434	0.3082	0.1844	0.164
累積貢獻度(%)	0.3434	0.6516	0.836	1

Table 16. 七股溪口沙洲之七股溪河道區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	0.507768	-0.206611	0.738114	-0.393283
有機質含量	0.446654	0.866115	0.051533	0.218379
粒徑	-0.518985	0.094823	0.665135	0.528449
泥-沙比	0.522806	-0.445157	-0.100636	0.719987
特徵值	3.0292565	0.51819373	0.3251475	0.12740227
累積特徵值	3.0292565	3.54745023	3.87259773	4
貢獻度(%)	0.7573	0.1295	0.0813	0.0319
累積貢獻度(%)	0.7573	0.8868	0.9681	1

Table 17. 環文蛤棲地及七股河口沙洲水質環境

	pH	鹽度(psu)	水溫 (°C)	溶氧(mg/L)
七股溪口沙洲	7.0-8.0	14-20	16-34	5-7
七股溪河道	6.5-8.14	13.53-22.23	15.63-34.4	2.23-11.56
小排水溝	6.6-8.06	14.43-22	17.63-33.03	4.43-10.9
三股排水溝	6.7-8.12	11.23-20.83	16.2-33.27	2.13-11.73
環文蛤的生長 環境	7.5-8.5	5-20	10-35	5<





Fig. 1. 七股溪口沙洲的環文蛤。

A：環文蛤幼貝。

B：環文蛤成貝。

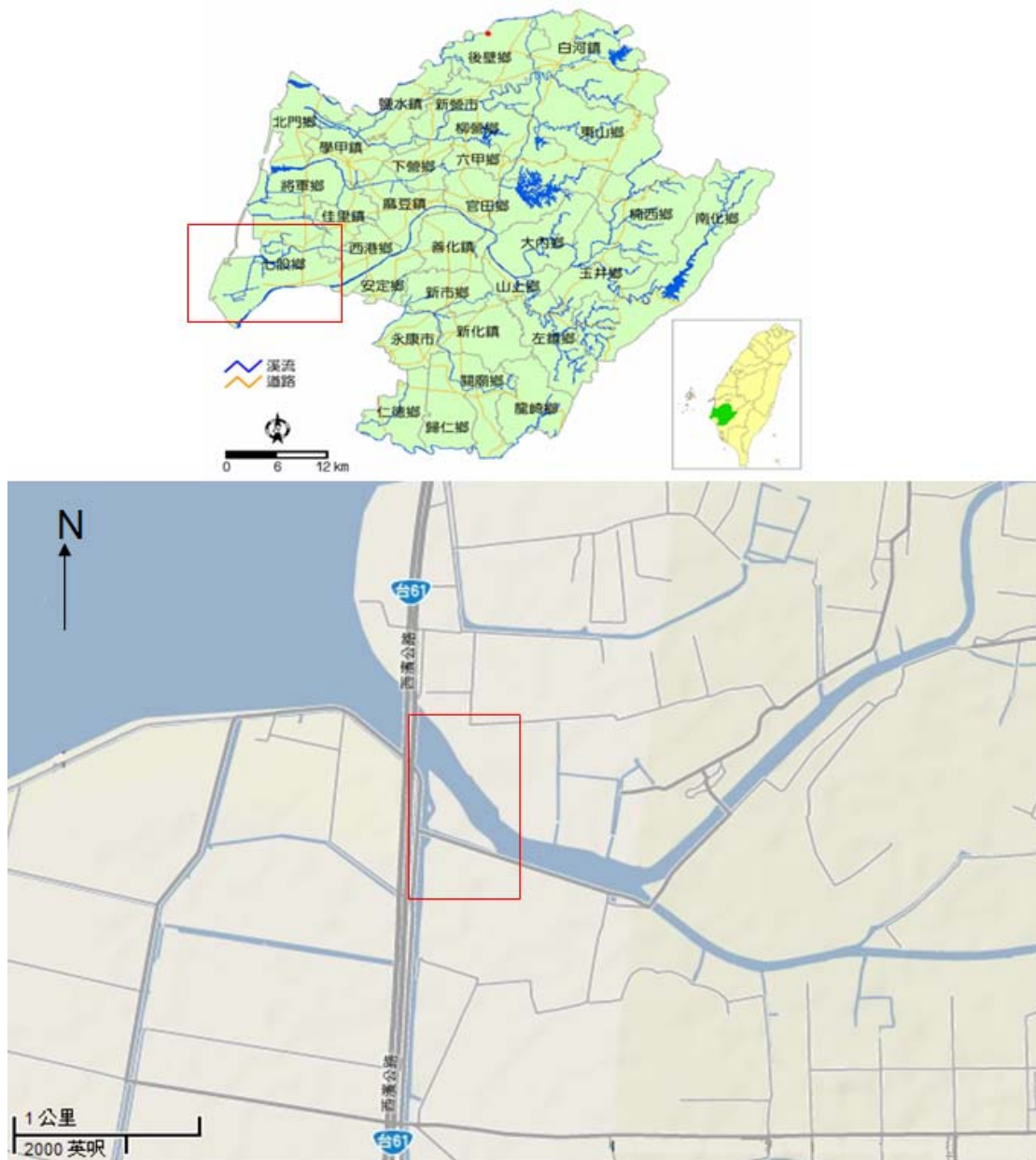


Fig. 2. 實驗樣區圖，紅線標示區域 ($23^{\circ}07'N$, $120^{\circ}05'E$) (資料來源：
台南縣觀光旅遊網)。

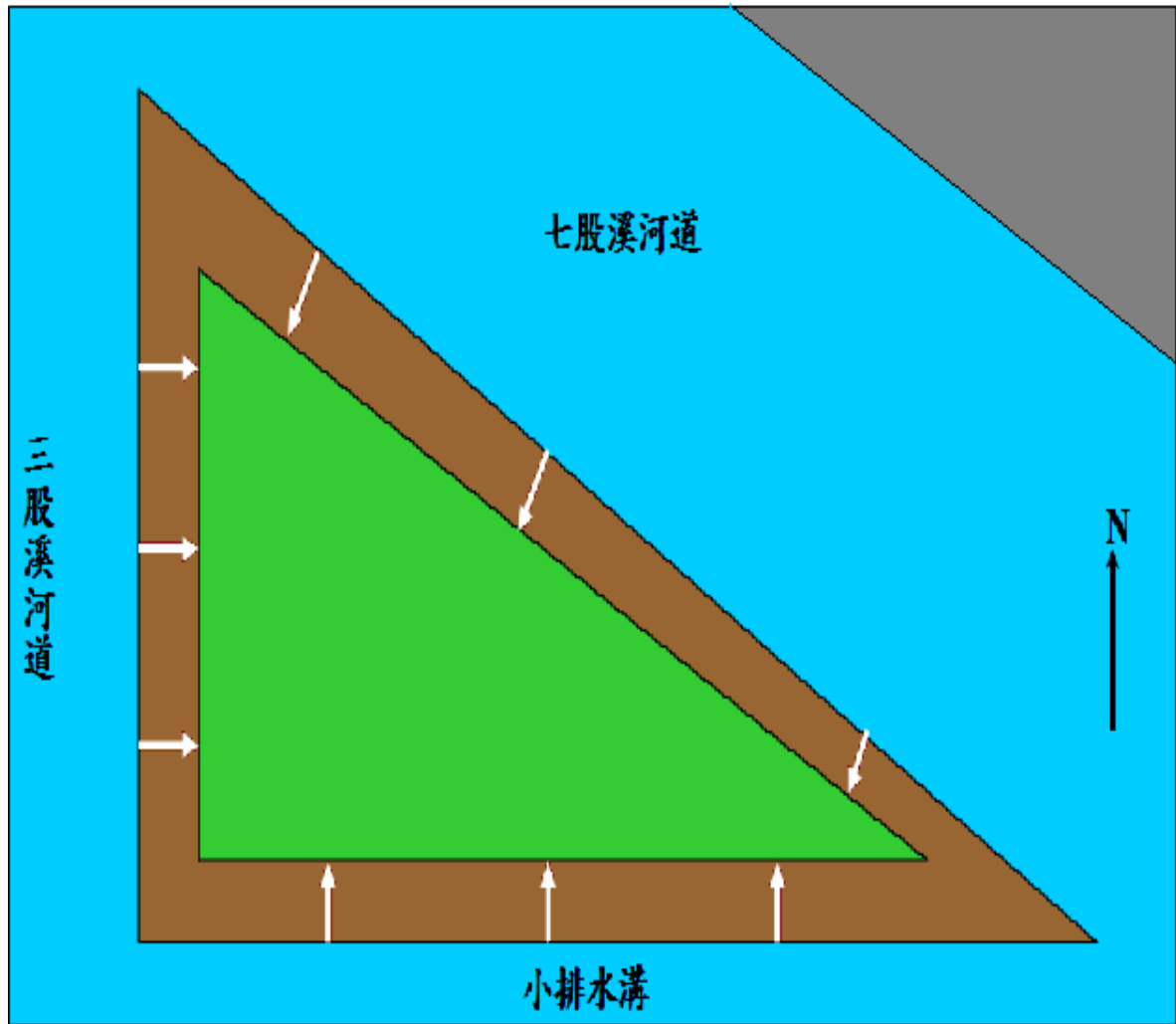


Fig. 3. 樣區設計示意圖(白色箭頭表穿越線)。

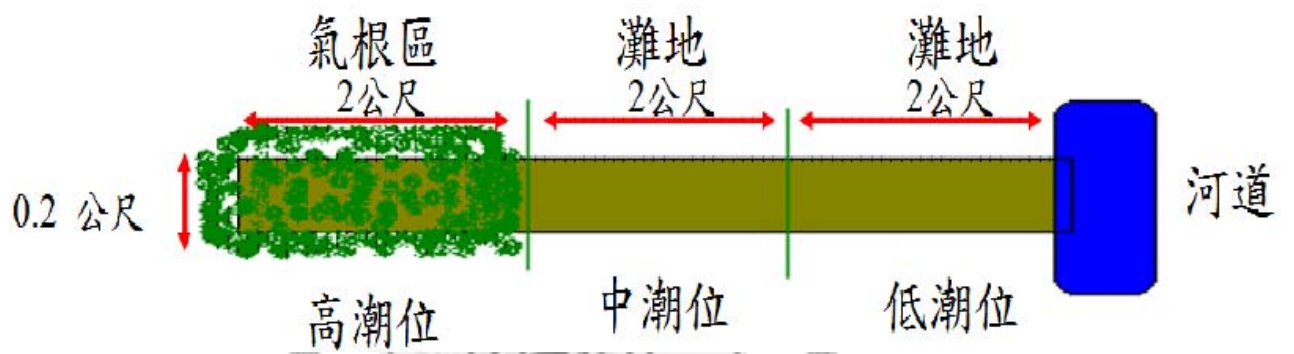


Fig. 4. 穿越線設計示意圖。



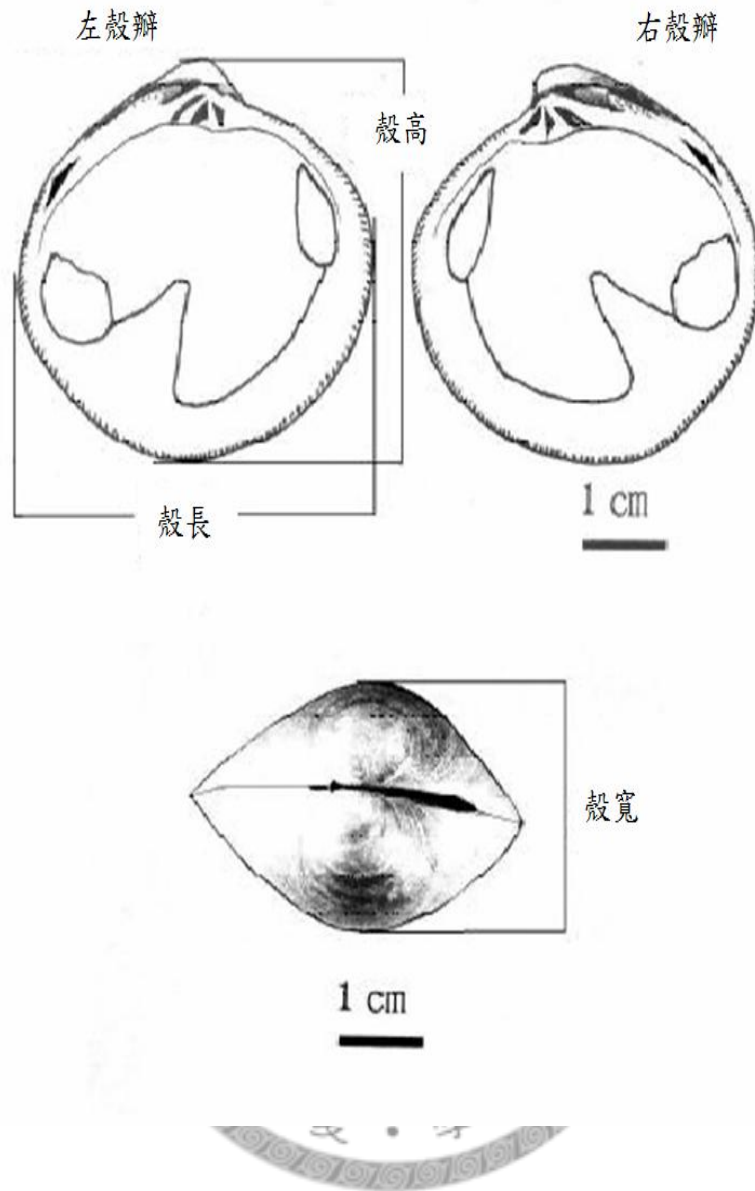


Fig. 5. 環文蛤外部形態(巫，2000)。

粒

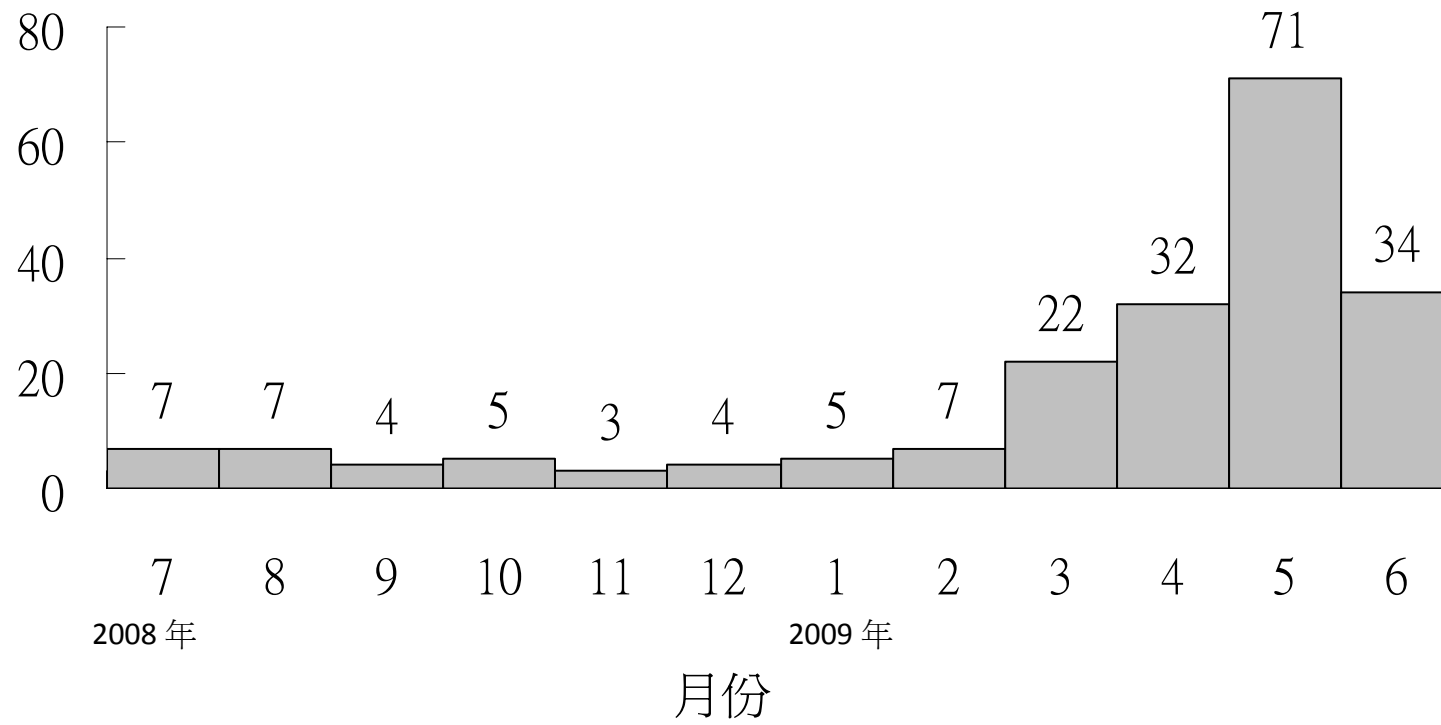


Fig. 6. 月別環文蛤樣本數。

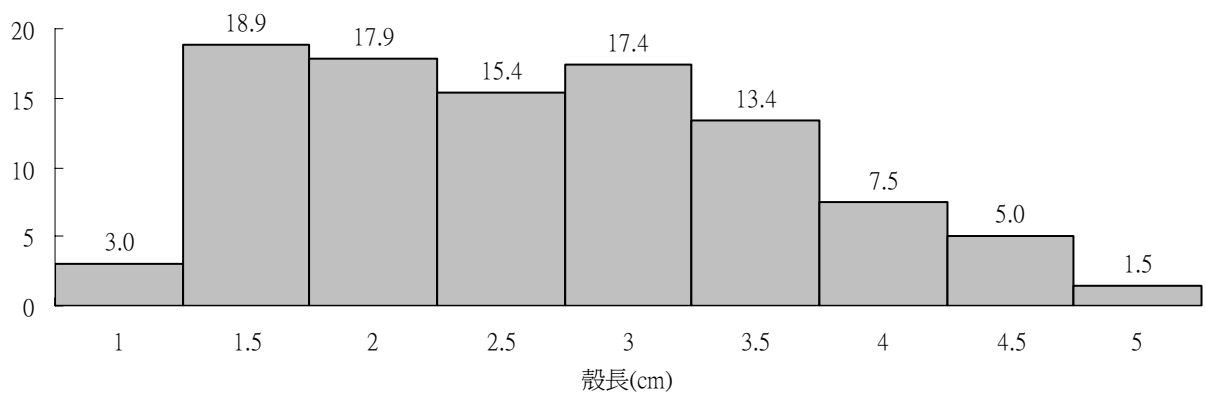


Fig. 7. 環文蛤殼長頻度分佈圖。

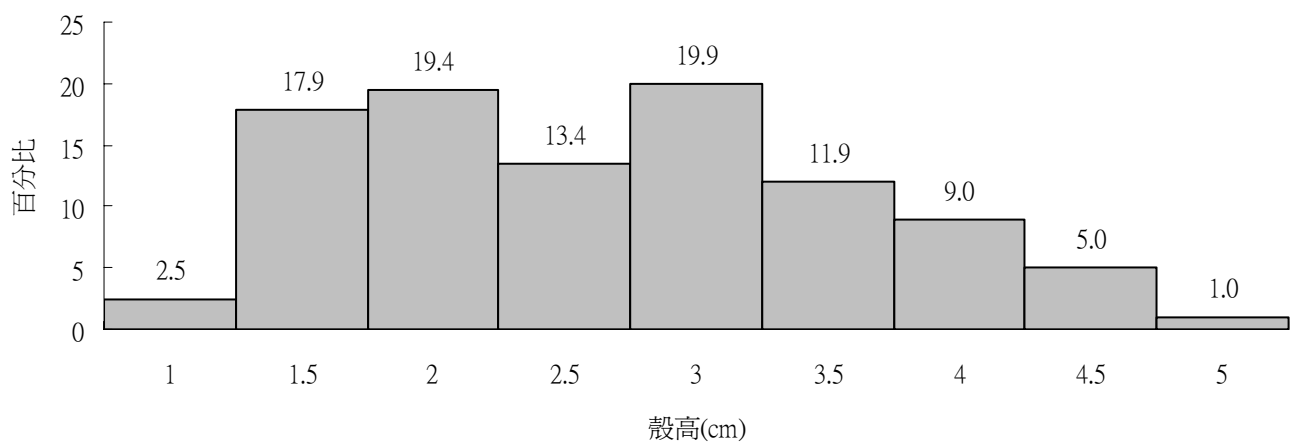


Fig. 8. 環文蛤殼高頻度分佈圖。

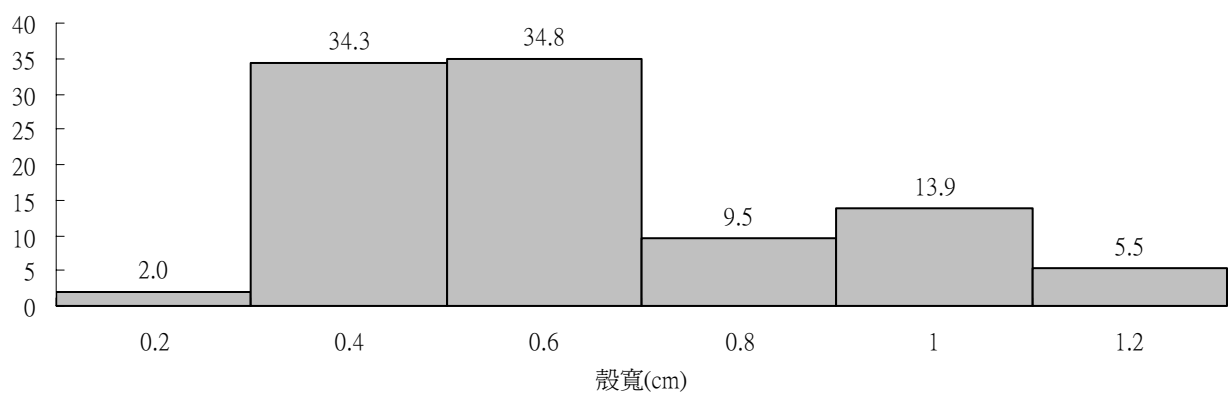


Fig. 9. 環文蛤殼寬頻度分佈圖。

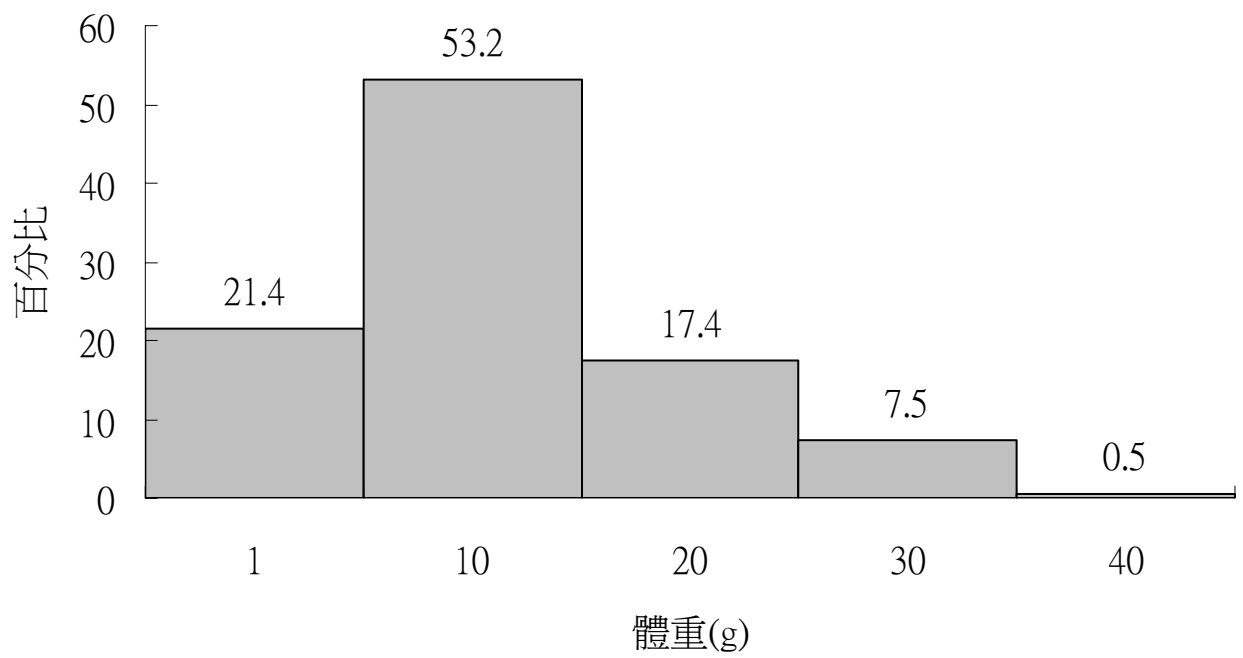


Fig. 10. 環文蛤體重頻度分佈圖



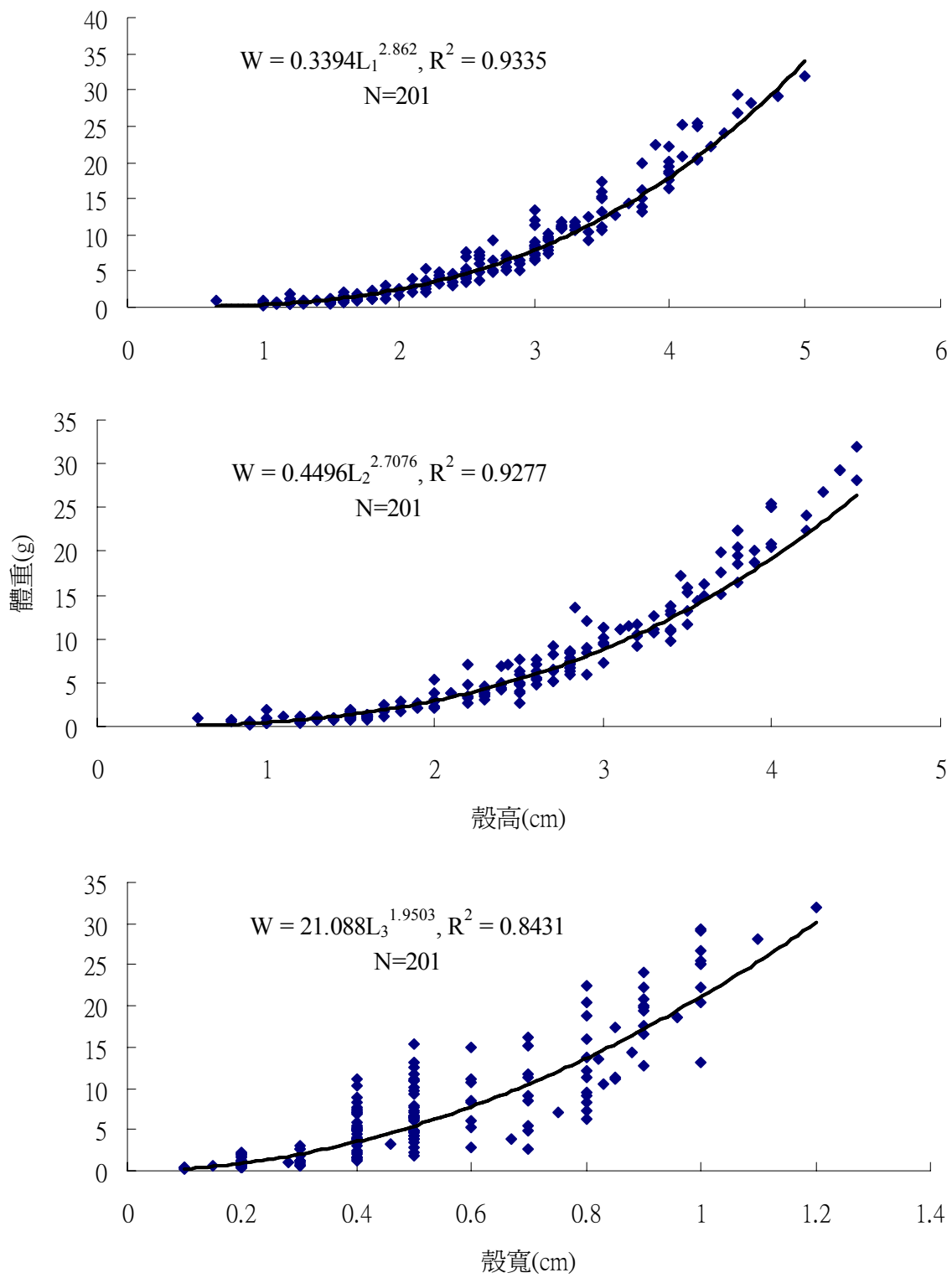


Fig. 11. 環文蛤體重與殼長、殼高及殼寬關係圖。

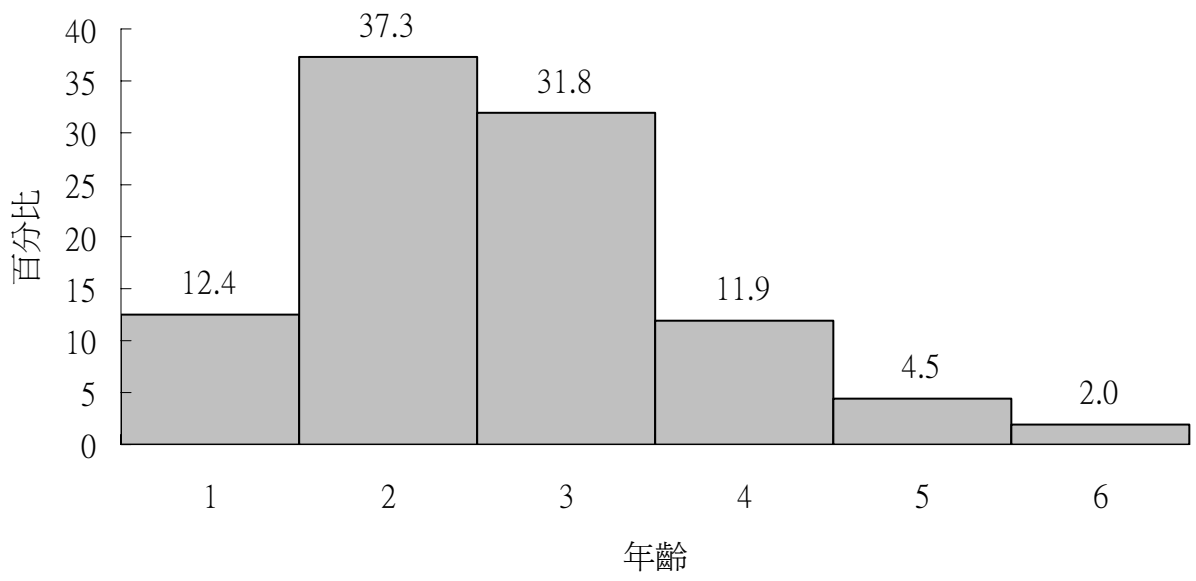
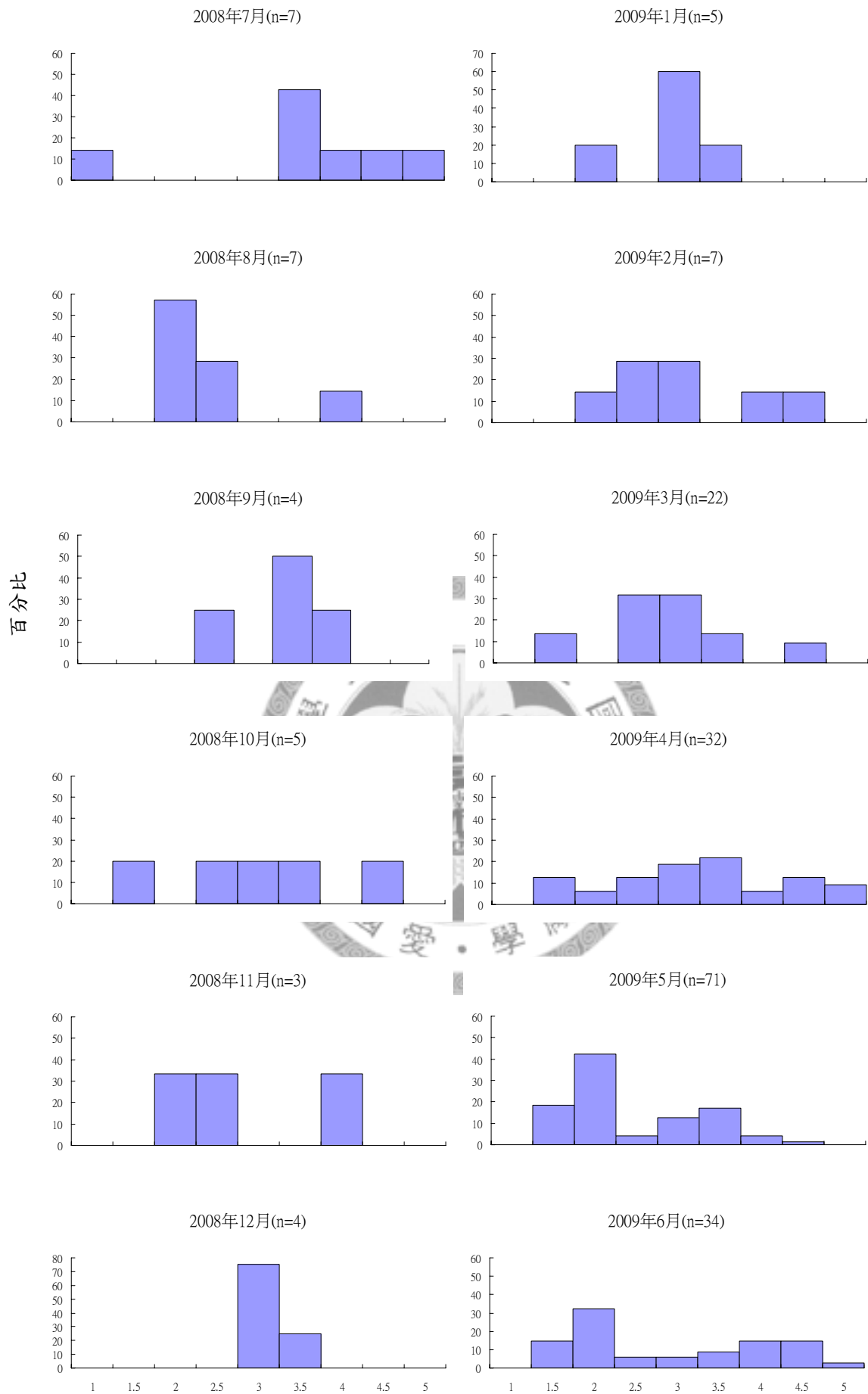
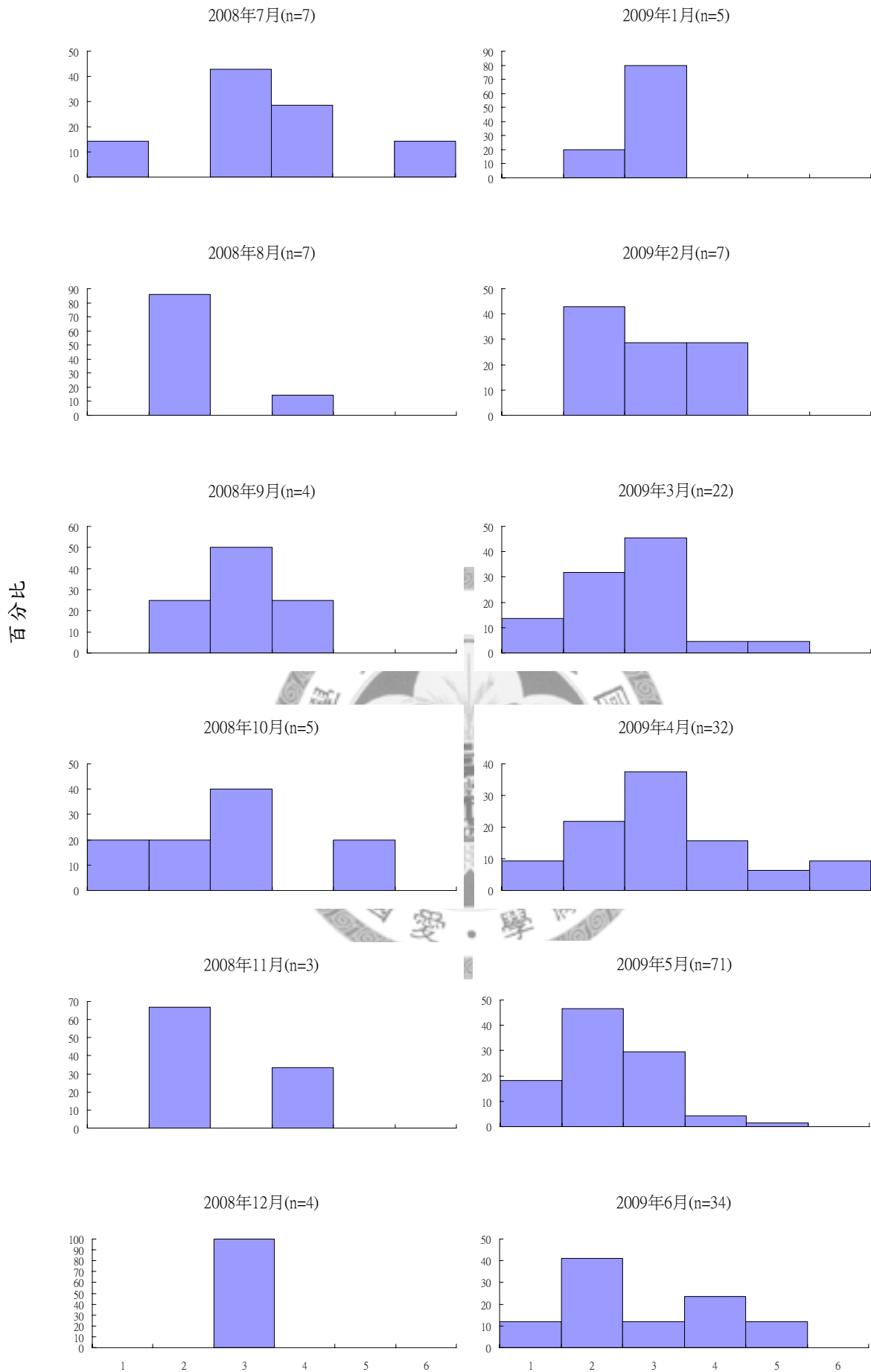


Fig. 12. 環文蛤年齡頻度分佈圖。





殼長(cm)
Fig.13. 逐月環文蛤殼長頻度分佈圖。



年齡
Fig.14. 逐月環文蛤年齡頻度分佈圖。

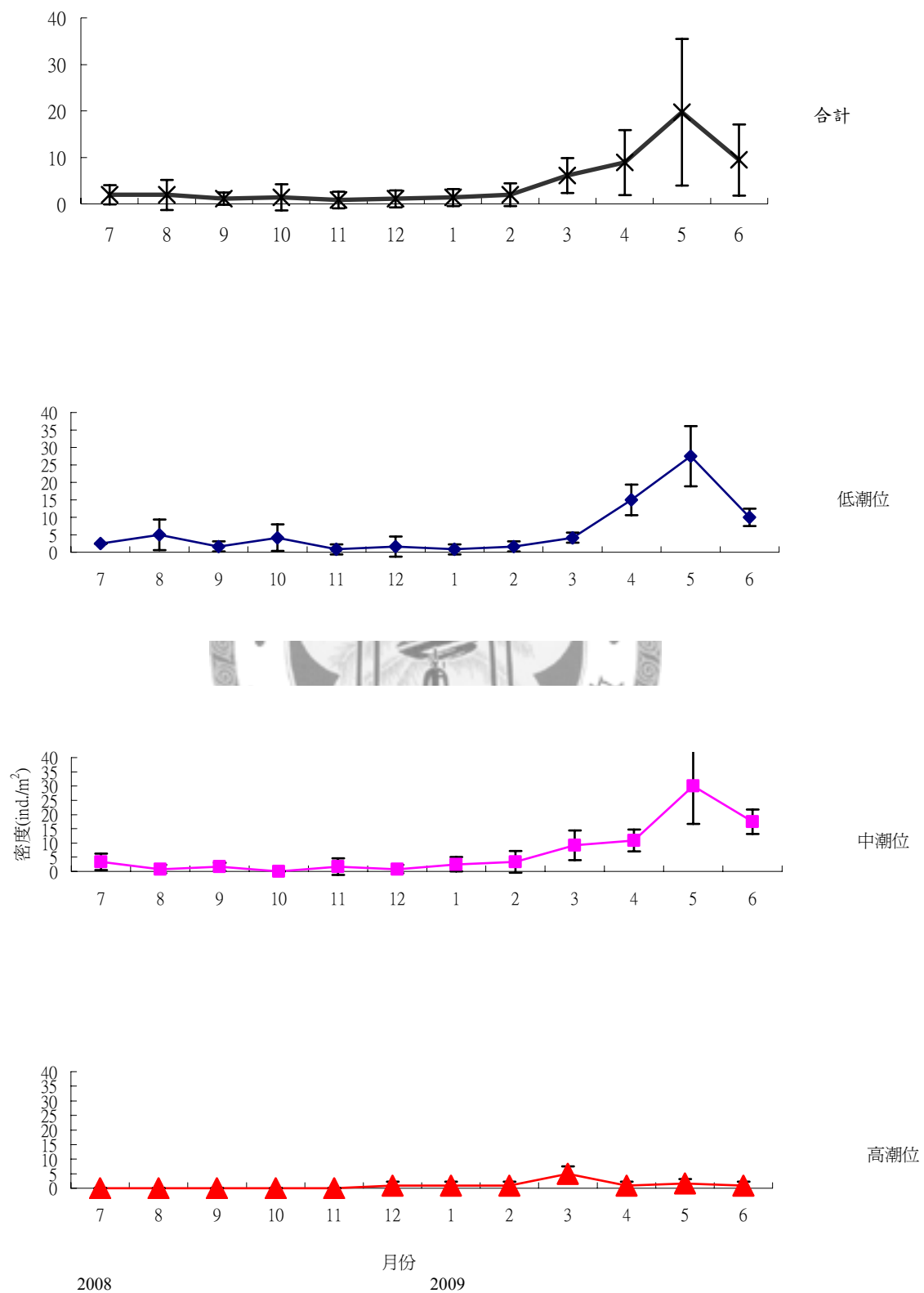


Fig. 15. 月別，潮位別環文蛤密度變化圖。

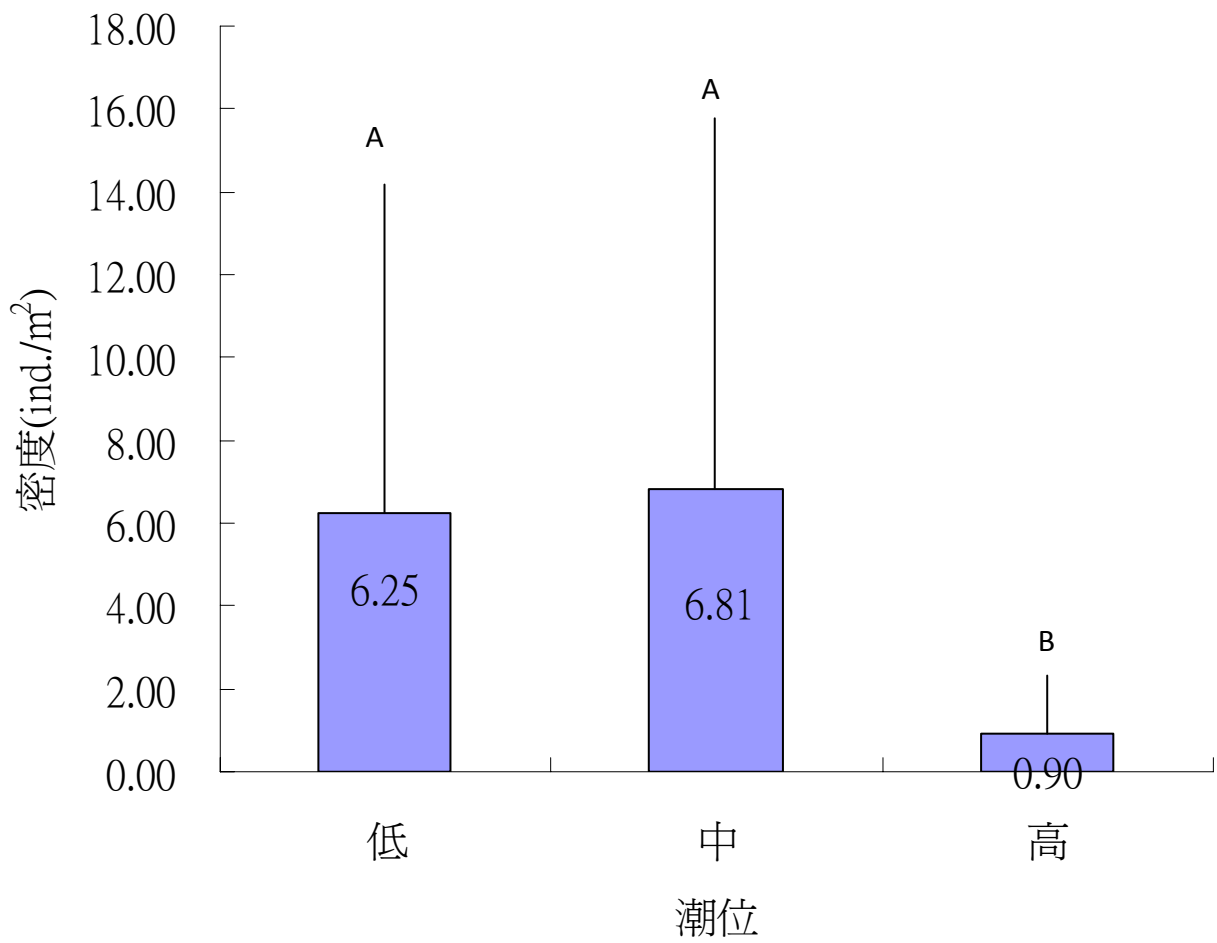


Fig. 16. 環文蛤潮位別密度圖(不同文字表示達顯著差異水準， $p < 0.05$)。

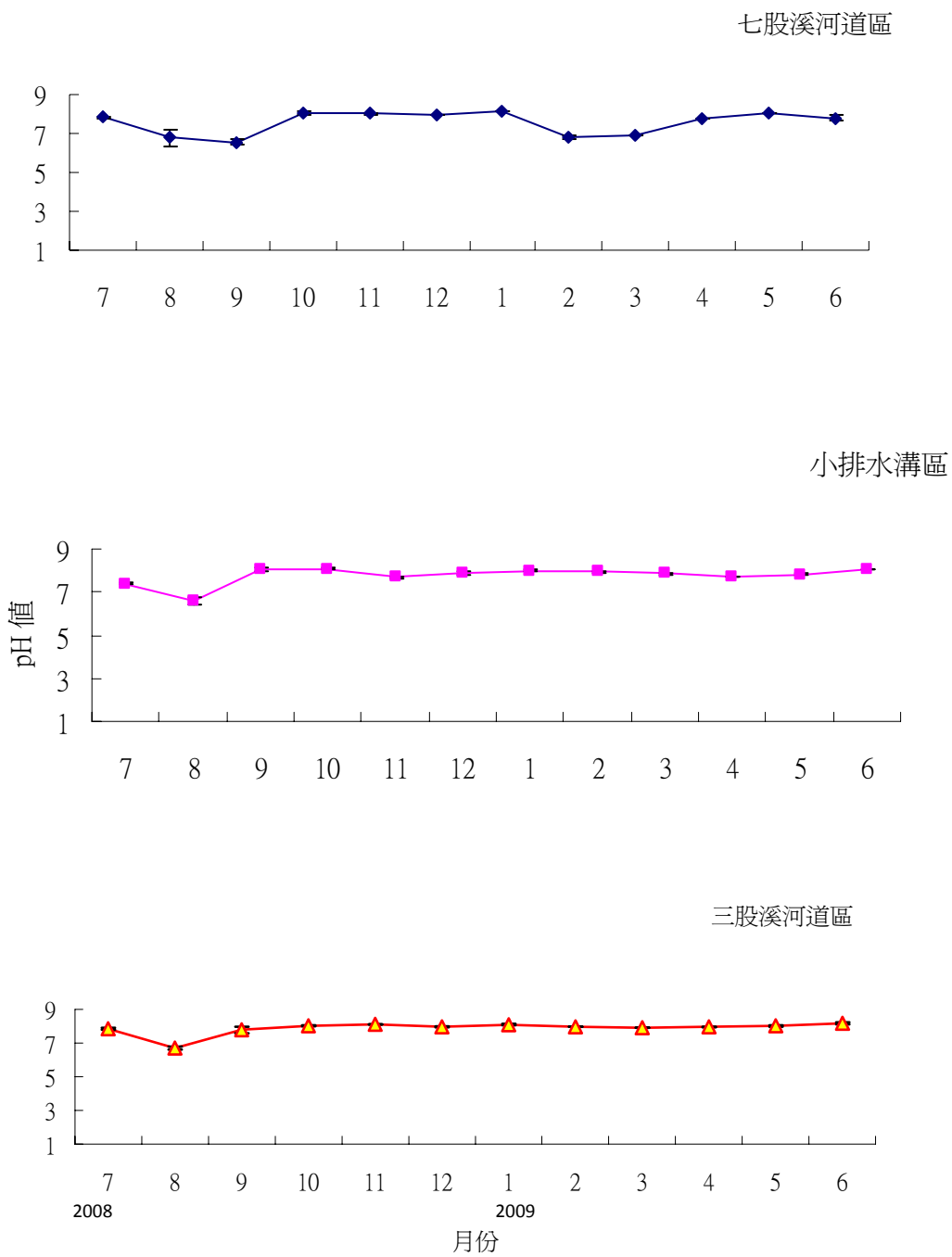


Fig. 17. 七股溪口沙洲月別 pH 值變化圖。

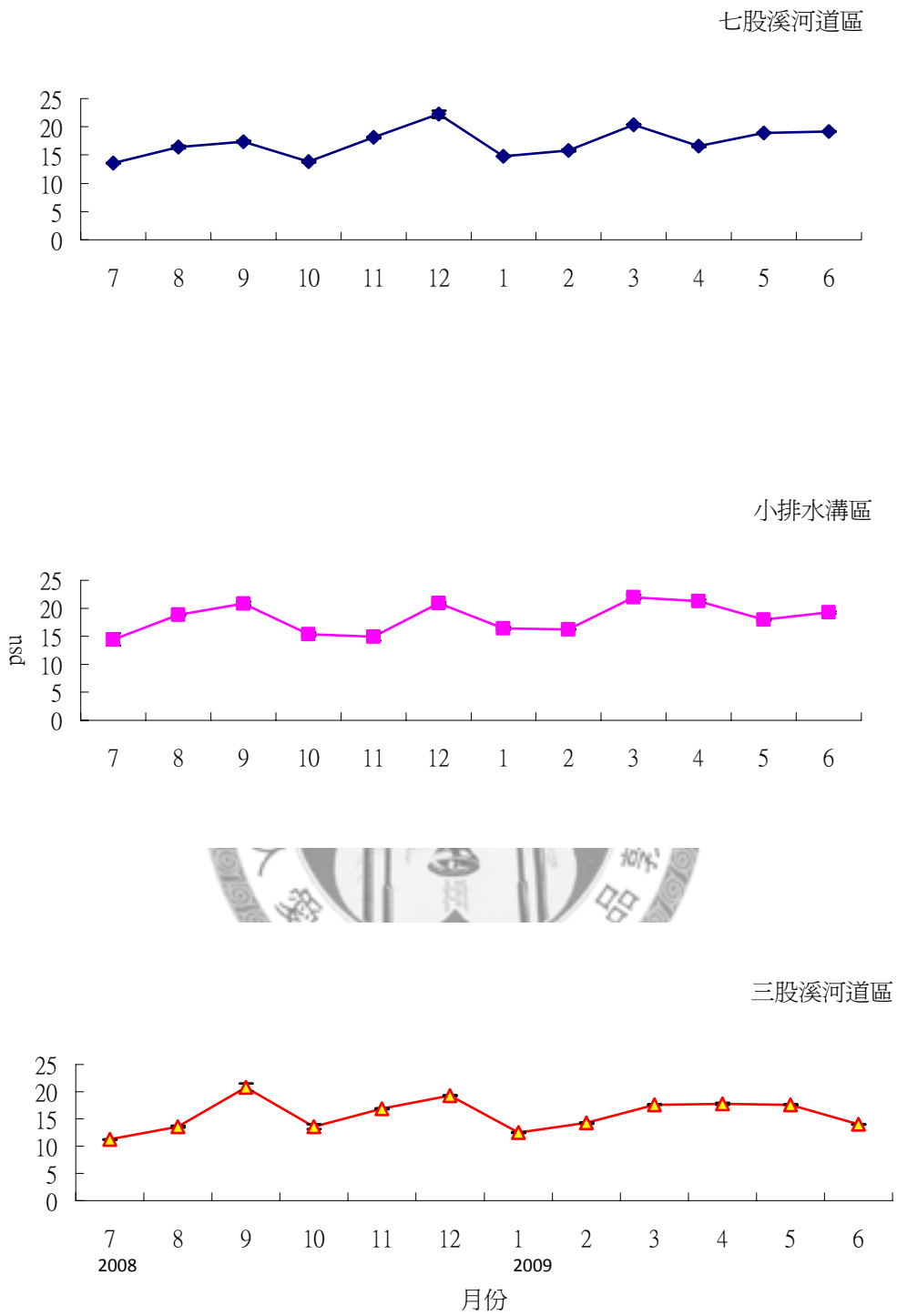


Fig. 18. 七股溪口沙洲月別鹽度變化圖。

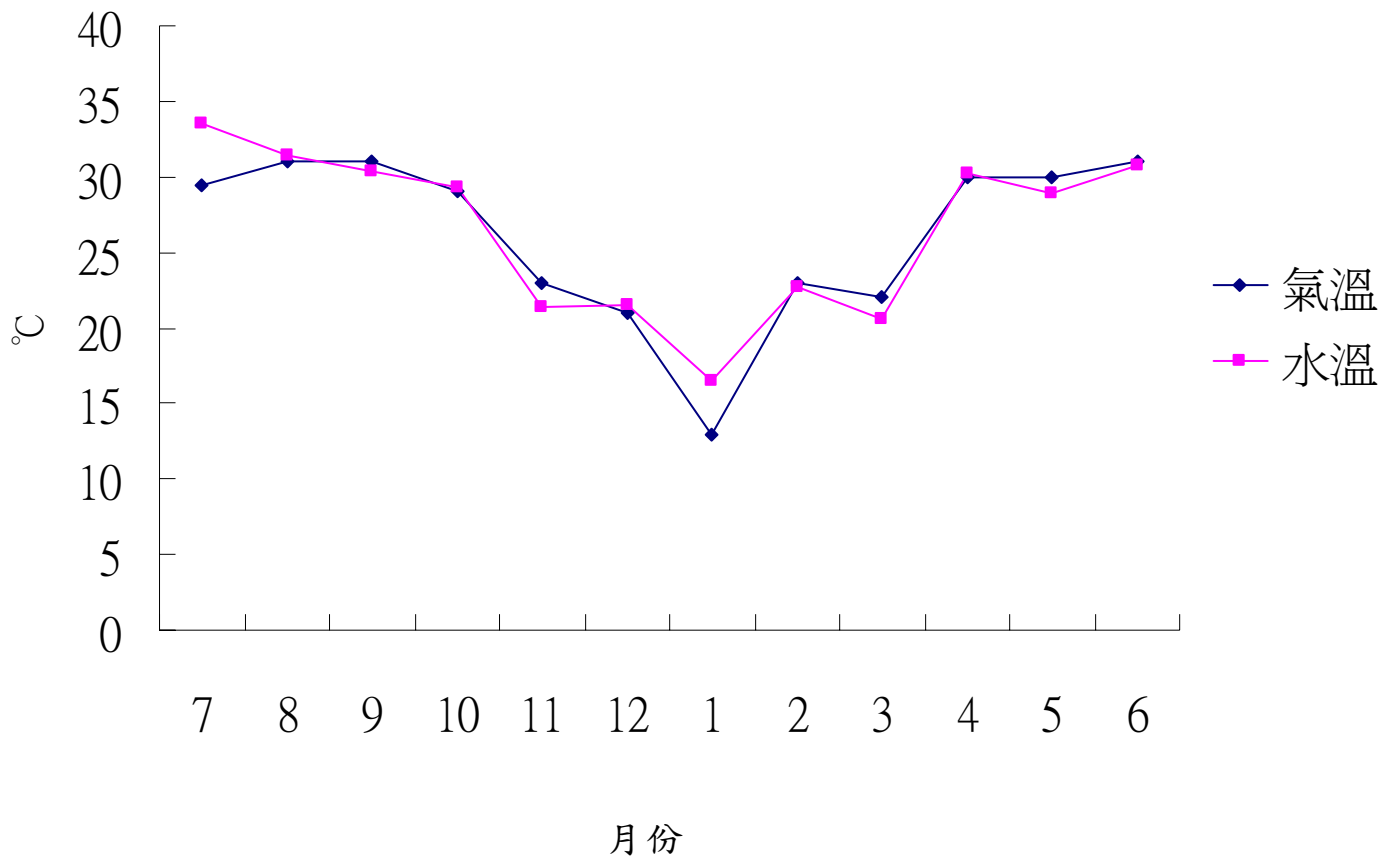


Fig. 19. 七股溪口沙洲月別水溫及氣溫變化圖。



2008

2009

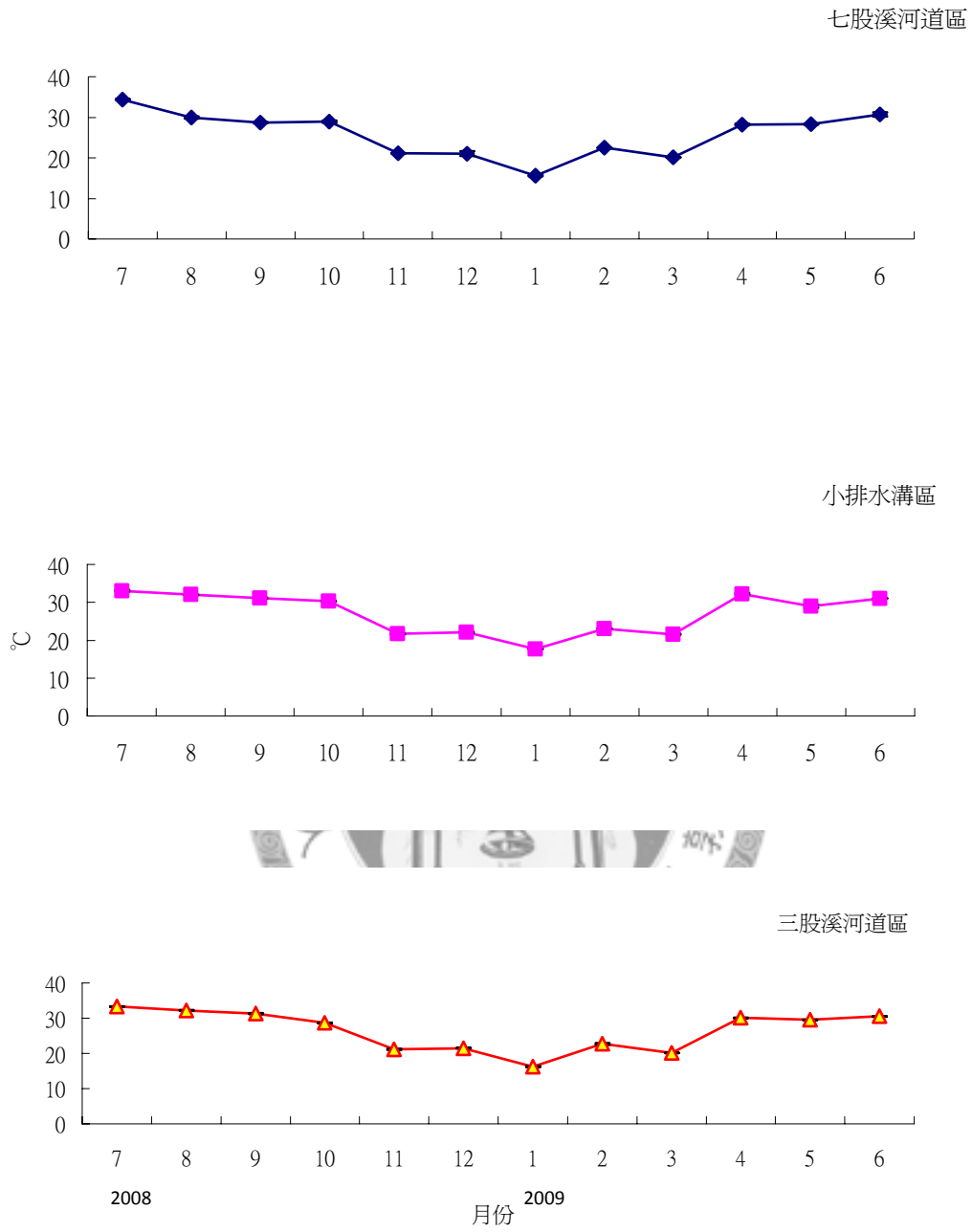


Fig. 20. 七股溪口沙洲月別水溫變化圖。

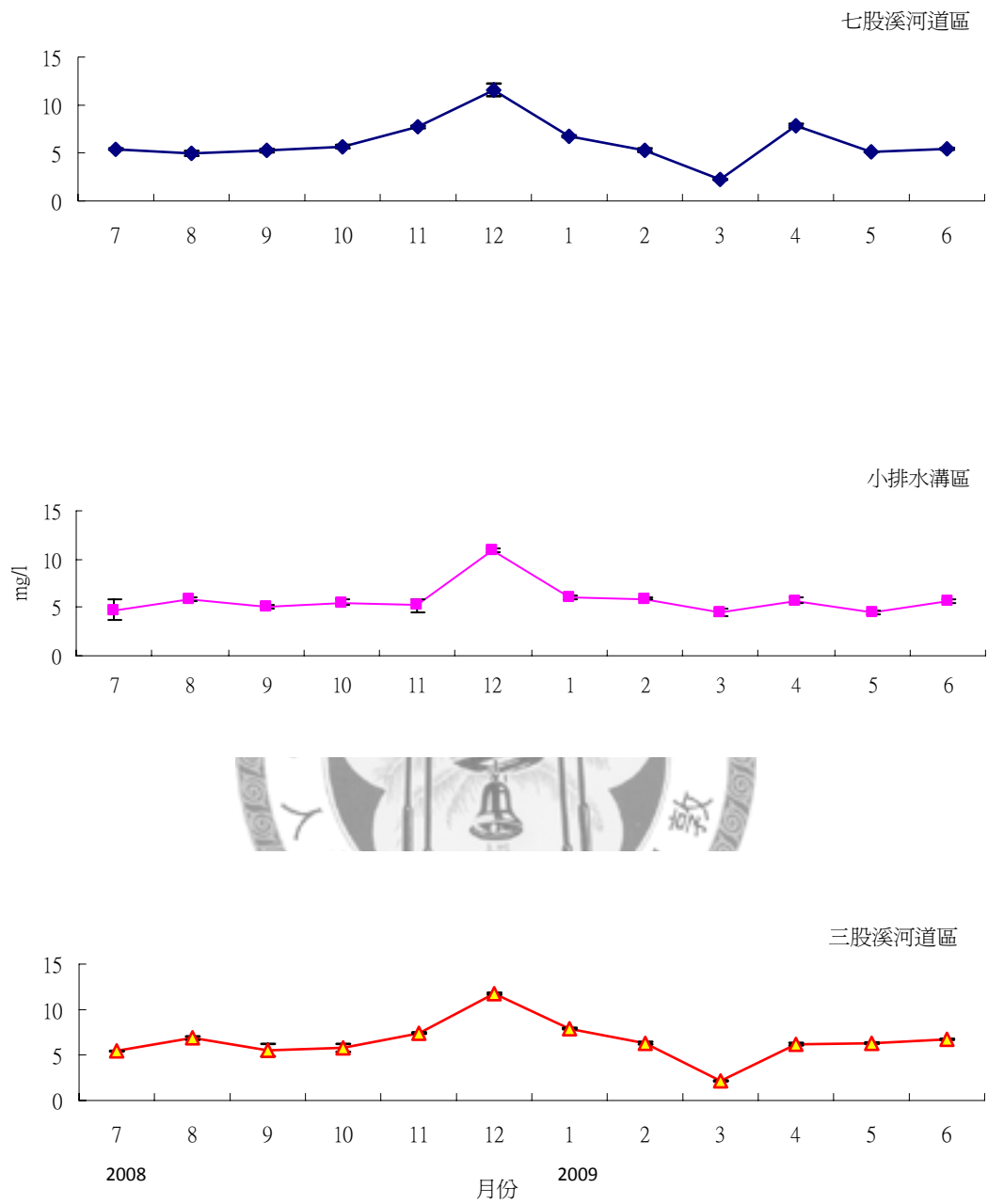


Fig.21. 七股溪口沙洲月別溶氧變化圖。

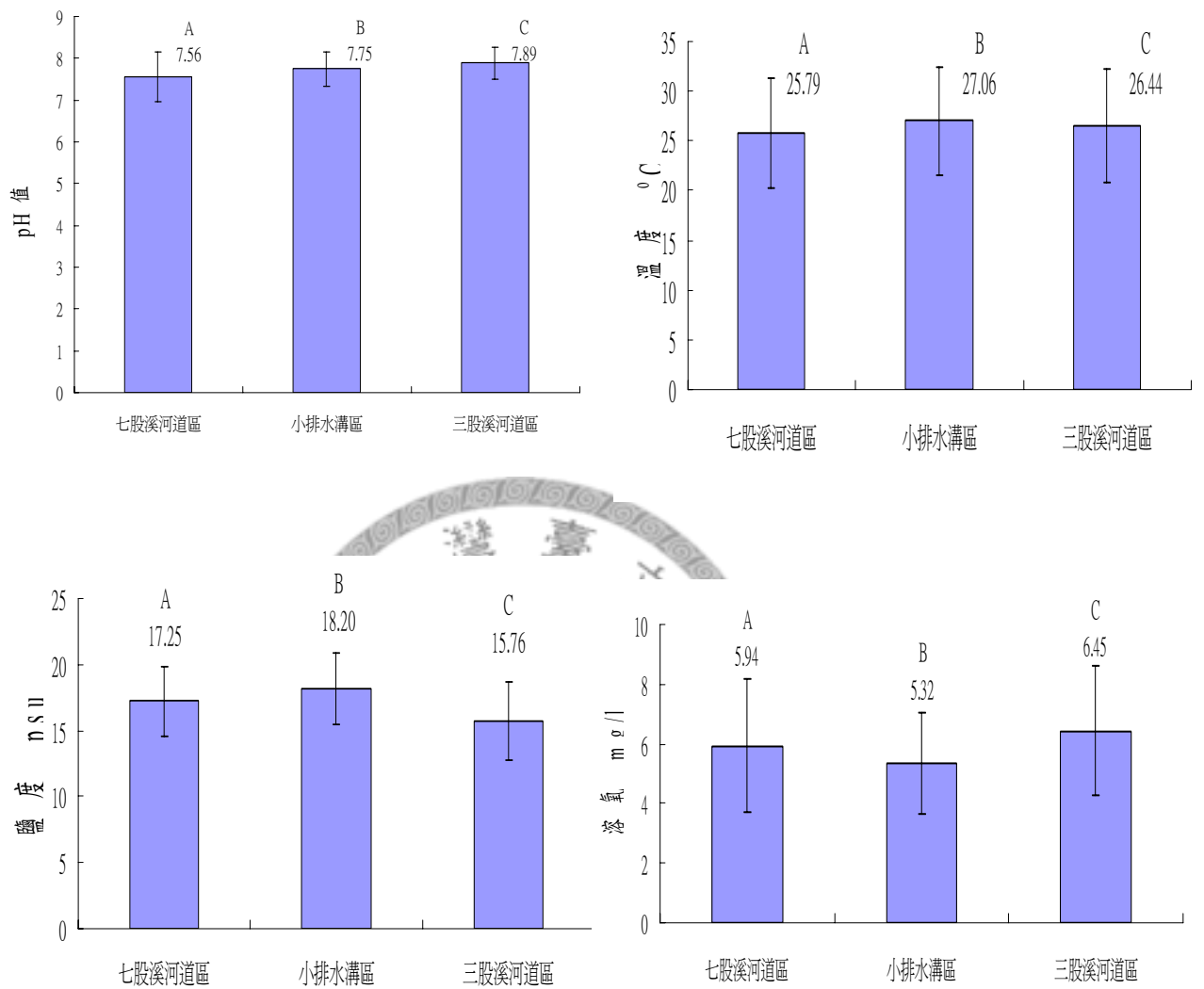
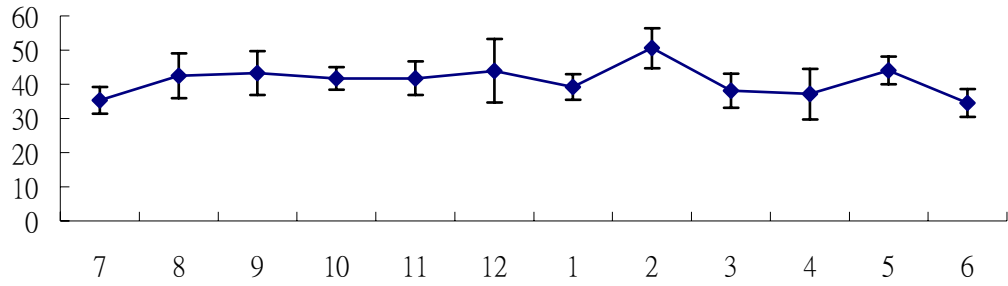
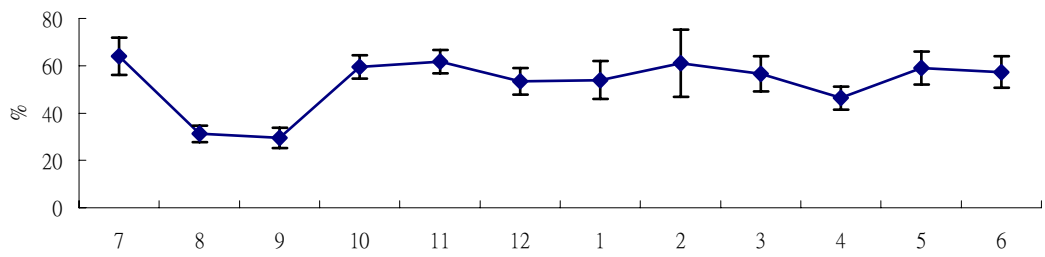


Fig.22. 七股溪口沙洲樣區別水質比較(不同文字表示達顯著差異)。

七股溪河道



小排水溝



三股溪河道

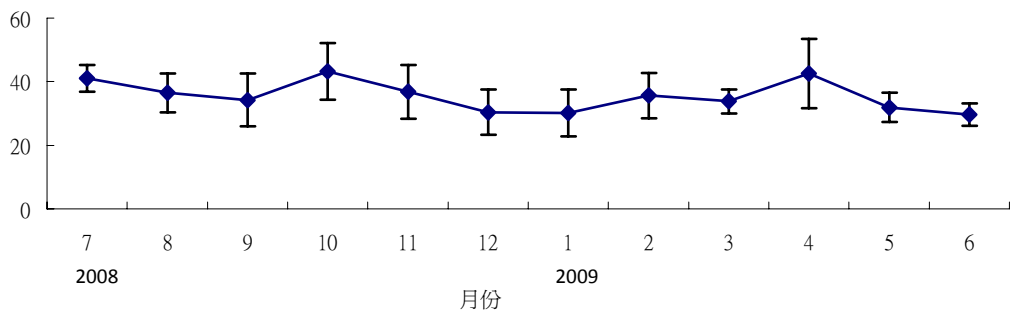
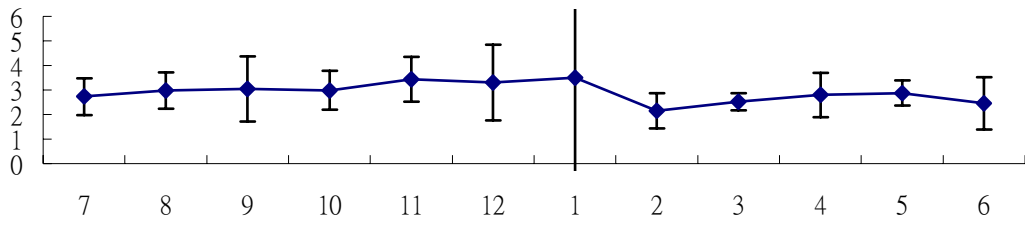
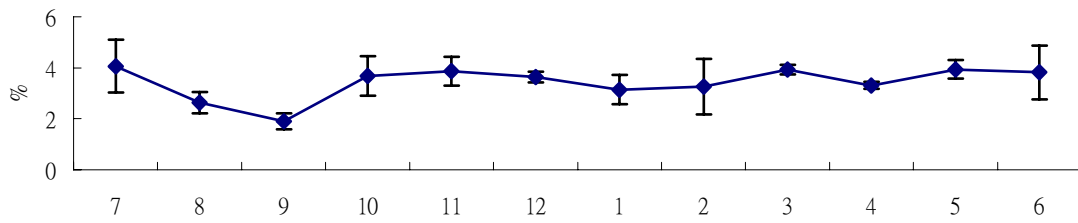


Fig. 23. 七股溪口沙洲月別含水量變化圖。

七股溪河道



小排水溝



三股溪河道

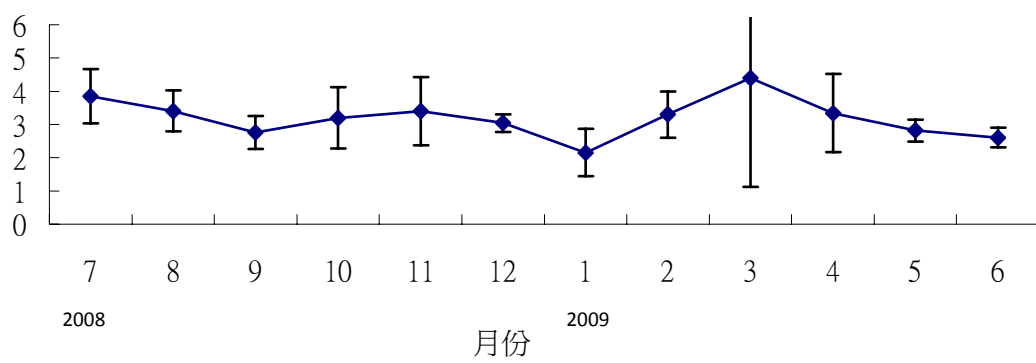
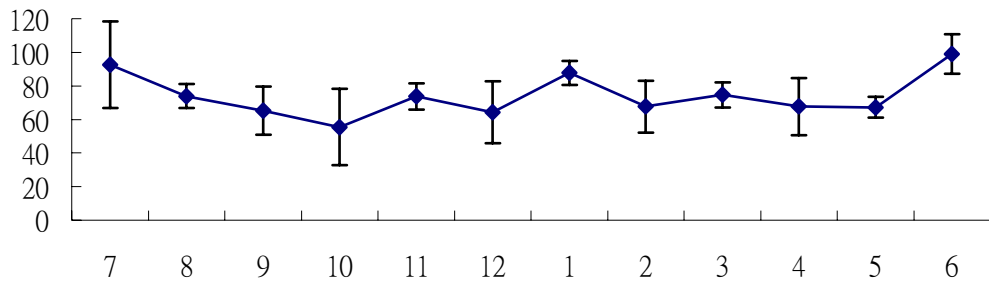
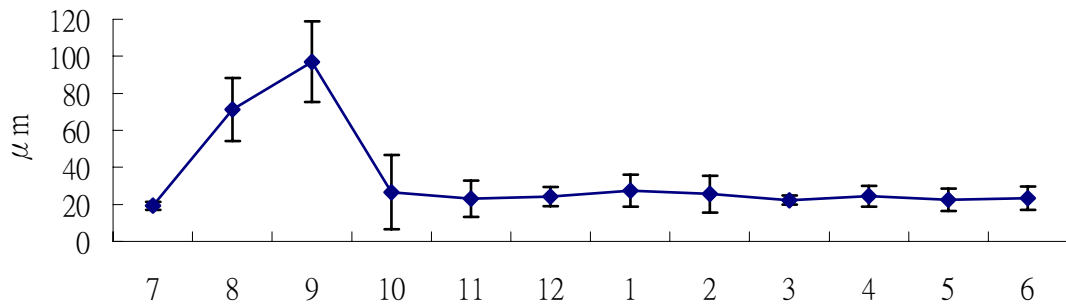


Fig. 24. 七股溪河道有機質含量月別變化圖。

七股溪河道



小排水溝



三股溪河道

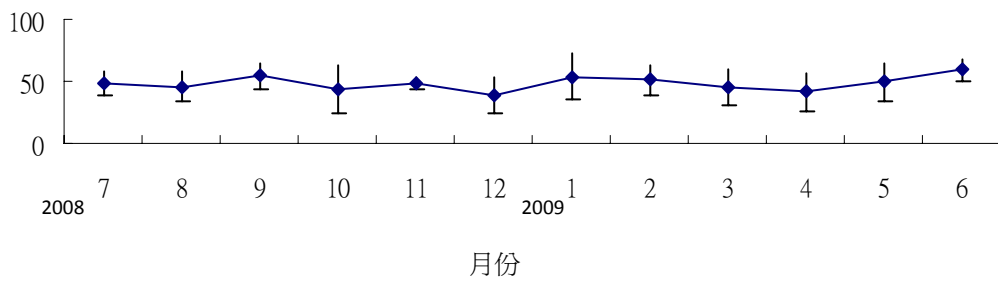
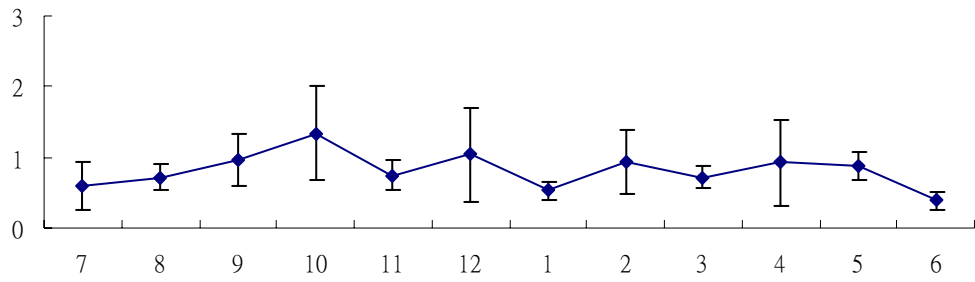
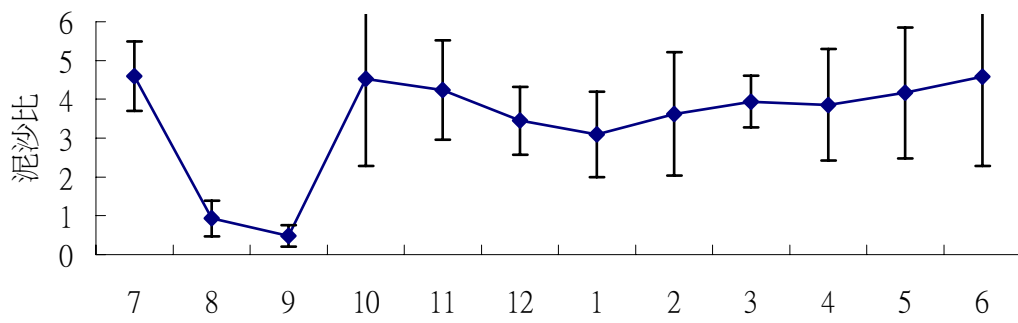


Fig. 25. 七股溪河道粒徑月別變化圖。

七股溪河道



小排水溝



三股溪河道

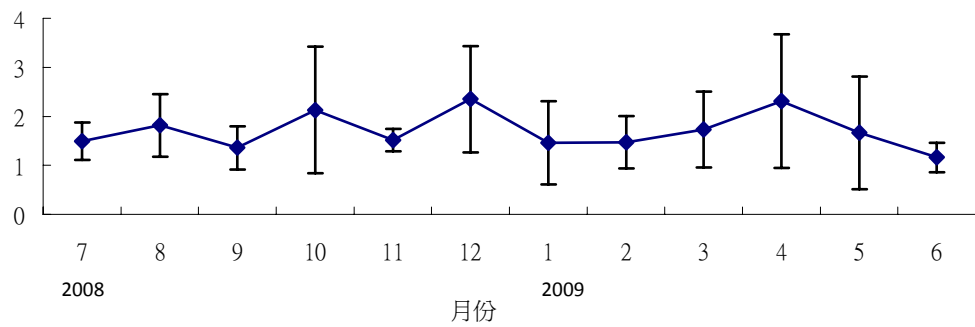


Fig. 26. 七股溪河道泥沙比月別變化圖。

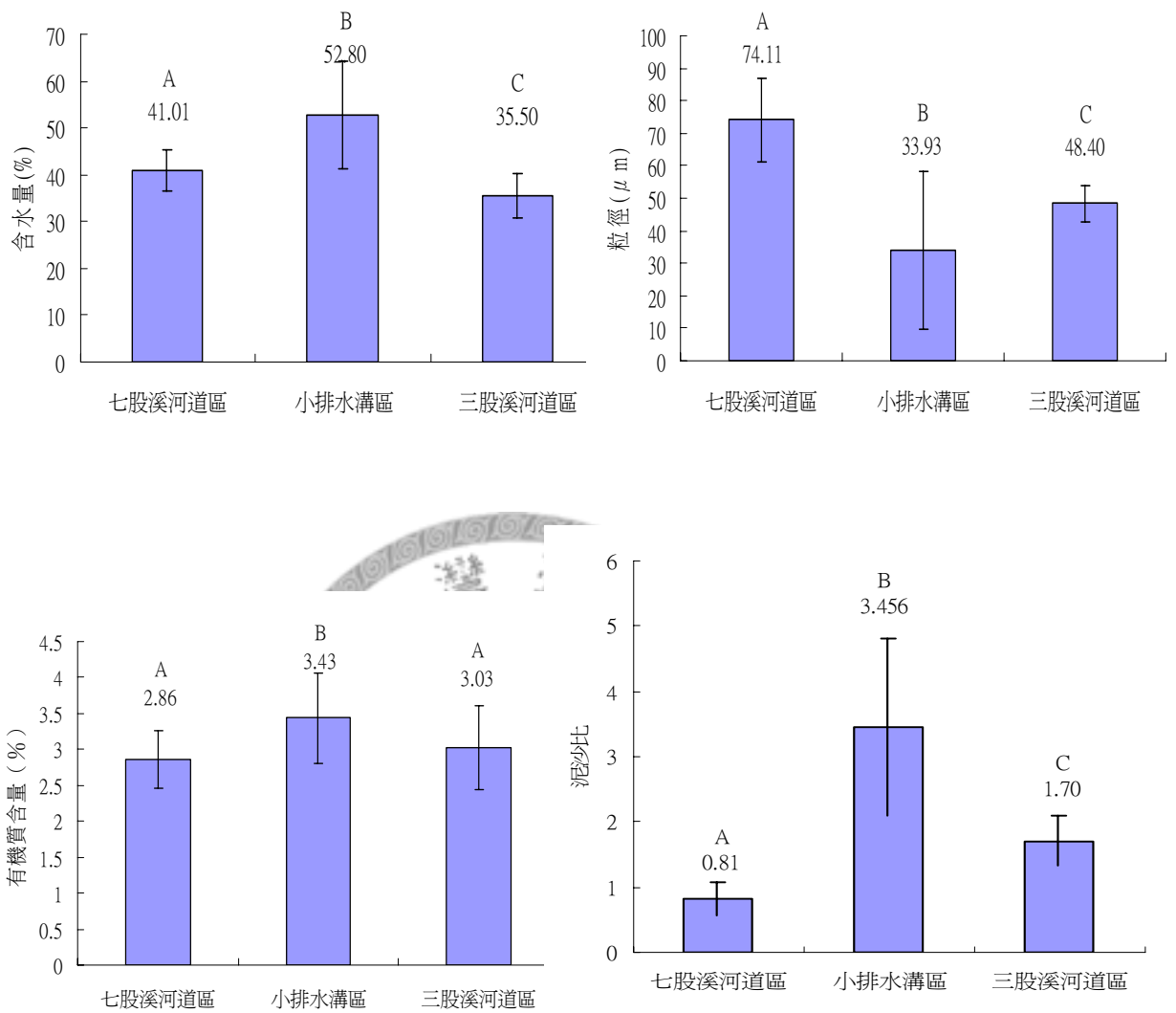


Fig.27. 七股溪口沙洲樣區別底質比較(不同文字表示達顯著差異)。

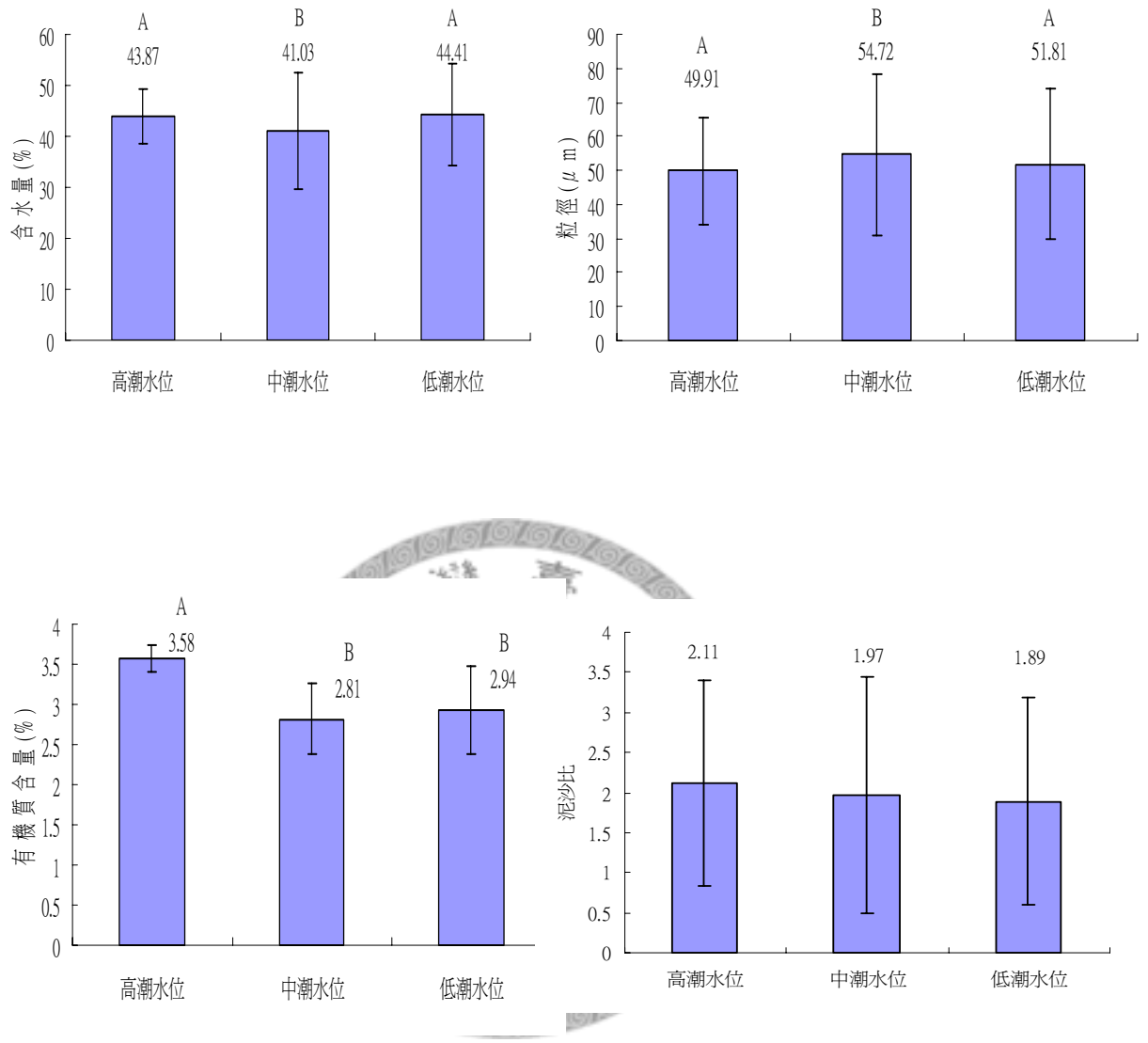


Fig.28. 七股溪口沙洲潮位別底質比較(不同文字表示達顯著差異)。