

澎湖海域之鳴門奧螻蛄蝦生物學研究

Biology of the mud shrimp *Austinogebia narutensis* (Sakai 1986) (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae) in Penghu

葉佳雯¹ 江國辰^{2,*}

Chia-Wen Yeh¹ and Guo-Chen Jiang^{2,*}

¹ 國立澎湖科技大學水產養殖系澎湖

² 行政院農業委員會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心澎湖

¹ Department of Aquaculture, National Penghu University of Science and Technology, Penghu

² Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute, Penghu

*通訊作者：20034003@ntou.edu.tw

*Corresponding author: 20034003@ntou.edu.tw

摘要

鳴門奧螻蛄蝦 *Austinogebia narutensis* 俗稱「蝦猴、猴仔」，為澎湖地區經濟物種之一。本研究探討其生物學特性，以期提供資源評估及生態保育等之具體資訊。在體型方面，最大的雌、雄蝦頭胸甲長為 19.49mm、21.07mm，體長為 66.38mm、67.61mm，其中雄蝦第一步足具大、小鉗之二型性現象。經比較分析，雌蝦與大、小鉗雄蝦三者的頭胸甲長對體長及第一步足掌節寬均為直線迴歸關係，而頭胸甲長對體重及第一步足重均呈曲線迴歸之關係，唯小鉗雄蝦各形質相關係數較低。此外，雌蝦最小性成熟體型之頭胸甲長為 12.61mm、體長為 40.07mm，卵巢在繁殖季前達最高峰，繁殖季開始時(11月)逐漸下降，繁殖季結束(4月)後則又上升。螻蛄蝦洞穴在離岸 15m 處開始發現，到離岸約 250m 處達洞口密度分佈高峰且密度為 232 尾/m²。洞穴形狀呈 Y 型，主要結構包含 U 型部(U-part)及 shaft 部(S-part)，而次要結構則有迴轉室及側支，且洞穴在夏季時較深、開口間距較近。本種蝦整年卵巢均發育，推測應屬多次抱卵種類，且壽命至少為 2 年。

Abstract

The mud shrimp *Austinogebia narutensis*, also known as “He-Gao” or “Gao-A”, is a commercial species in Penghu. This is a study of the biology and habitat of *A. narutensis*, and is intended to serve as a reference for relevant resources management and conservation in the future. The maximal carapace lengths (CL) of the species were 19.49 mm and 21.07 mm for female and male, respectively; while the body lengths (BL) were 66.38 mm and 67.61 mm for female and male, respectively. Adult males showed sexual dimorphism, including in both stout and slender chela. Results also showed high linear correlation in CL, BL and PwPI, as well as curvilinear correlation in CL, BW and PIW in female, and stout and slender chela in male. The minimal sexual maturity of female were 12.61mm and 40.07mm in CL and BL, respectively. Ovarian index (OI) revealed a decreasing trend in the breeding season beginning in November followed by an exponential growth in April the next year after the breeding season ended. The species' caves were at approximately 15 m and high density of caves occurred at 250m (232 ind/m²) from the coast. The caves were Y-shaped while their main structures were U-shaped (U-part) and shaft-shaped (S-part), with their secondary structures containing a turning chamber (tc) and side branch (br). The caves were deeper and the width of the orifices were narrower in the summer. With a lifespan of over two year, *Austinogebia narutensis* have ovaries that mature all year round, thus the species is considered a multi-spawning species.

關鍵詞：澎湖、奧螻蛄蝦、螻蛄蝦科、生物學

Key words: Penghu, *Austinogebia*, Upogebiidae, Biology

收件日期：2017 年 01 月 03 日

接受日期：2017 年 05 月 16 日

Received: January 03, 2017

Accepted: May 16, 2017

緒言

鳴門奧螻蛄蝦 *Austinogebia narutensis* (Sakai 1986)，俗稱「蝦猴」、「猴仔」，主要穴居於 30-60 cm 深之泥沙灘海域，因此又稱為 "Mud-shrimp"。在分類上隸屬於節肢動物門 (Arthropoda)、甲殼亞門(Crustacea)、十足目 (Decapoda)、螻蛄蝦下目(Gebiidea)、螻蛄蝦

科(Upogebiidae)、奧螻蛄蝦屬(*Austinogebia*)。關於奧螻蛄蝦屬(Genus *Austinogebia*)的種類，全世界目前已知有 7 種，臺灣已記錄有 4 種 (Sakai 1986; Ngoc-Ho and Chan 1992; 林 2004; Li *et al.* 2008; Liu and Liu 2012)，分別為美食奧螻蛄蝦 *A. edulis* (Ngoc-Ho and Chan 1992)、鳴門奧螻蛄蝦、打狗奧螻蛄蝦 *A. takaensis* (Sakai and Türkay 1995)及伍氏奧螻蛄蝦 *A.*

wuhsienweni (Yu 1931)。其中鳴門奧螻蛄蝦僅發現於日本及臺灣(Sakai 1986)，且在臺灣主要分布在澎湖地區，少數族群則分布在東北部宜蘭大溪附近海域(林 2004)。然而此種被澎湖當地居民視為經濟物種，主要提供於釣獲石斑、黑鯛、星沙鯪及鑽嘴等高級食用魚的重要餌料，其售價高達 NT\$ 2~5 元/尾，約為 NT\$ 1,000~4,000/Kg，此外亦具食用價值(洗及蔡 2010)。由於近年來澎湖地區觀光業蓬勃發展，鳴門奧螻蛄蝦所棲息之潮間帶已開放遊客能自由進出並進行採捕，加上附近海域推行海上休閒平台，因此在遊客所產生的噪音、垃圾污染或是大量捕捉及破壞生物棲地等影響下，使得其產量似有日趨減少之現象。有鑑於此，為使本種能長久存活於澎湖地區及其資源能永續利用下，故有必要瞭解鳴門奧螻蛄蝦之生物學及掌握其資源現況。

關於海螻蛄(Thalassinidea)的生物學研究，目前均以歐洲國家的研究較為完整，而研究種類多為 *Callinassa* 屬及 *Upogebia* 屬之種類，其研究內容包含挖掘的洞穴形狀、深度、底質、棲息深度、攝食生態及族群數量等(Tunberg 1986; Branch and Pringle 1987; Swinbanks and Luternauer 1987; Witbaard and Duineveld 1989; Griffis and Suchanek 1991; Ziebis *et. al.* 1996a, b)。然而在臺灣的研究多著重在分類及幼苗發育，且已累積有相當程度之成果(Sakai 1986; Ngoc-Ho and Chan 1992; Shy and Chan 1996; 林 2004)。對於生物學、族群數量及保育的研究則相對較少，且多針對在臺灣分布甚廣的美食奧螻蛄蝦作為研究對象(林 1995; 方 1998; 彭 2009)。

因此本研究目的為深入研究澎湖海域之鳴門奧螻蛄蝦的各項生物學特性，包含外部形態形質、生殖及生態習性。此外並詳細探討各

項生物學特性及資源保育上的建議，以期能提供予日後鳴門奧螻蛄蝦資源評估及生態保育等之重要參考資料。

材料與方法

一、標本來源

本研究自 2010 年 9 月至 2011 年 8 月止，共進行一年共二十四次的調查，並於每月二次大退潮時前往澎湖前寮海域潮間帶(23°32'53.9"N 119°34'52.9"E)進行採樣(圖 1)，第一次採集的樣本數，主要進行各項形質特徵測定及雌雄數記錄，第二次採集的樣本數，只記錄雌雄數。採集時以圓鍬挖掘，且每次隨機採集約 100 隻個體置於篩簍中，爾後攜回實驗室進行各項形質特徵之測定。採集的同時亦進行水溫、鹽度、洞穴模型灌製及密度計算作業，而實驗所得之各項數據，則以統計軟體進行分析之。

二、樣本處理

每月所採集之樣本帶回實驗室後，除觀察記錄抱卵率外，再隨機挑選 50 隻個體附屬肢完整的樣本進行各項形質特徵之測定。為降低樣本在測量過程中的失誤，將所要測量的 50 隻個體以少許海水浸泡放入冰箱冷藏死亡後，再進行性判定及各項相關形質特徵之測定。性別分辨則是以是否有具有第一腹肢為依據，而雌性具有第一腹肢，雄性則無。

三、形質測定

以電子游標尺(± 0.02 mm)分別測量頭胸甲長(Carapace length, CL)、體長(Body length, BL)、第一步足掌節寬(Propodus width of Pereiopod I, PwPI)，其測量之標準如下：

- (一) 頭胸甲長(CL): 自額角前端至頭胸甲後緣中部之直線距離。
- (二) 體長(BL): 自額角前端至尾柄末緣中線之直線距離。
- (三) 第一步足掌節寬(PwPI): 測量第一步足掌節最寬處的距離。本種之第一步足有明顯的第二性徵出現, 即成體之雄性第一步足會呈現兩種形態, 第一種呈小鉗狀(slender type), 與雌性較為相似; 另一種為大鉗(stout type), 且較大於前者。圖 2、3 為各部位名稱及形質測定。

四、重量計測

利用電子天平($\pm 0.0005\text{g}$)測量體重(Body weight, BW)、卵重(Egg weight, EW)、煮熟後卵巢重(Ovary weight, OW)、第一步足重(Pereiopod I weight, PIW)之重量, 其測量之標準如下:

- (一) 體重(Body weight, BW): 將鳴門奧螻蛄蝦取出後, 以拭水紙將其水分拭乾後秤其重量。
- (二) 卵重(Egg weight, EW): 以鑷子取下螻蛄蝦腹部所有卵粒, 置於培養皿中以拭水紙將水吸乾後, 再秤其重量。
- (三) 煮熟後卵巢重(Ovary weight, OW): 其生殖巢為濃稠液體狀, 以電鍋蒸熟後, 取出結塊之卵巢秤其重量。
- (四) 第一步足重(Pereiopod I weight, PIW): 從螻蛄蝦第一步足基節處剪下, 再秤其重量。

五、抱卵數及卵徑

每隻抱卵雌蝦以重量比例法(Gravimetric method)求其抱卵數。卵徑之測量係記錄蝦卵在剛產下、發眼卵、孵化前之三個時期的卵徑變

化情形, 並分別隨機挑出 10 顆卵, 以萬能投影機(Nikon V-12)放大 50 倍後測量其平均長、短徑。

六、計算公式

(一) 性比(Sex ratio) (林 1995)

$$= \frac{\text{雌性個體數}}{\text{雌性個體數} + \text{雄性個體數}} \times 100\%$$

(二) 抱卵率(Spawning rate) (林 1995)

$$= \frac{\text{雌性抱卵個體數}}{\text{全部雌性個體數}} \times 100\%$$

(三) 抱卵數(Number of eggs)

$$= \frac{\text{總卵重}}{\text{部分卵重}} \times \text{部分卵重之卵數}$$

(四) 卵巢指數(Ovarian index, OI) (林 1995)

$$= \frac{\text{卵巢重}}{\text{頭胸甲長}^3} \times 10^5, \frac{\text{卵巢重}}{\text{體重}} \times 100\%$$

七、樣區環境因子之測量

主要測量洞穴口上方及挖掘後所湧出的水溫、鹽度。另外關於降雨量、氣溫及日照長度等數據資料, 則根據中央氣象局澎湖氣象站於調查期間所記載的資料進行分析。

八、個體及族群密度分析

洞口密度計算以 $25 \times 25 \text{cm}^2$ 之採樣框隨機拋投, 爾後計算框中所發現之洞口數, 並換算為每一平方公尺之個體密度(洞口數 $\times 16/2$), 而位於框緣亦計算為一洞。據點的設計為高潮線處以垂直距離行走, 首次發現螻蛄蝦洞口則設為第 1 據點。並以測距儀(Newcon Optik LRM

1500)測量離岸距離，之後每 25m 為一據點，以此類推至止水邊，且視當天退潮時止水邊的距離來決定垂直測量的據點數；橫向距離則由直線距離的止水邊處開始計算，橫向每 25m 設為一據點，以此類推並測得與垂直線相同據點數，同時亦測量離岸距離，進而換算螻蛄蝦之族群密度。

九、洞穴形態

海螻蛄類除蚤狀幼體為浮游期外，終其一生均行穴居生活。由於其隱密的穴居行為不易觀察，且築穴的模式差異甚大，部分種類之洞穴可達 2.5m 至 3m (Pemberton *et al.* 1976; Kinoshita 2002)。因此為瞭解鳴門奧螻蛄蝦之巢穴模式，本研究分別在冬夏兩季前往樣區，利用彈性水泥(Stevens 1928)和透明且結構堅固之環氧樹脂(Atkinson and Chapman 1984; Dworschak 1983; Hamano 1990)主劑(A)與硬化劑(B)均勻混合後，以自製容器緩慢倒入洞穴中，導入的方式則藉由重力作用進行導入。在過程中亦觀察環氧樹脂是否從另一洞口流出，藉以確認環氧樹脂是否完全將洞穴內的海水推出並填滿。爾後再進行地點標記，待隔天退潮後將已完全凝固硬化的模型，以人工挖掘方式取出，並攜回實驗室進行測量分析。測量方式則以皮尺測量洞穴模型之垂直深度及長度、上半部 U 型部 (U-part) 之寬度、長度及深度、下半部 shaft 部 (S-part) 之長度及深度、迴轉室(turning chamber, tc)數量、側支(side branch, br)數量等等，洞穴結構之各部位示意圖如圖 4。

十、資料處理

每月所得的形質與環境因子之各項數據，以 Microsoft Excel 2007 統計軟體分析及圖

表繪圖。資料分析說明如下：

- (一) 變積分析(Analysis of covariance)：檢定雌、雄個體之各形態測定迴歸曲線差異是否有顯著的差異(t-test)，若不顯著則合併為一，若差異顯著則分開比較之。
- (二) 變方分析(Analysis of variance)：形質與各迴歸線顯著性的檢定，均利用變方分析(ANOVA)測驗迴歸係數的顯著性(F-test)，當 F 值顯著時，迴歸線成立。
- (三) 卡方檢定(Chi-square test)：檢定雌、雄性比是否符合 1:1 的假設。
- (四) 殘差(Residual)檢定：預估值減去實際值稱為殘差值，若殘差頻度圖為常態分布，則符合迴歸模式。
- (五) 最小平方法(Normal equation, Least square method)：求各相關式的最適迴歸參數。

結果

一、形態形質關係

本研究共採獲 600 隻鳴門奧螻蛄蝦樣本，包含抱卵雌蝦 70 隻、未抱卵雌蝦 202 隻、幼蝦 19 隻；雄蝦 276 隻，幼蝦 33 隻。所採得最大體型之雌蝦頭胸甲長為 19.49mm，體長為 66.38mm，雄蝦頭胸甲長為 21.07mm，體長為 67.61mm。

(一) 頭胸甲長與體長之關係

雌蝦(含抱卵個體)、雄蝦兩者的頭胸甲長(CL)與體長(BL)之關係，經分析結果呈直線迴歸關係(圖 5)，相關係數雌雄蝦個體均高。再以變積分析比較兩者直線迴歸關係之差異，結果顯示兩直線迴歸關係無法合併，即標本係屬不同斜率之族群。其直線迴歸方式如下：

$$\text{雌：BL} = 3.6355 \times \text{CL} - 5.4753 \quad (R^2 = 0.9727, n = 291)$$

雄：BL=3.1953×CL - 0.4662(R² = 0.9789、n = 309)

另外由圖 5 可看出，當頭胸甲長大於 11.4mm 時，在相同頭胸甲長條件下，以雌蝦個體之體長較大。

(二) 頭胸甲長與體重之關係

雌蝦(含抱卵個體)、雄蝦兩者的頭胸甲長(CL)與體重(BW)之關係，經分析結果呈曲線迴歸關係(圖 6)，雄蝦之相關係數較雌蝦為高。再以變積分析比較兩者曲線迴歸關係之差異，結果顯示兩曲線迴歸關係無法合併，即標本係屬不同斜率之族群。其曲線迴歸方式如下：

雌：BW=0.046e^{0.2442CL} (R²=0.8930、n=291)

雄：BW=0.0534e^{0.2274CL} (R²=0.9608、n=309)

另外由圖 6 可看出，當鳴門奧螻蛄蝦頭胸甲長大於 11.6mm，在相同頭胸甲長條件下，以雌蝦個體之體重較重。

(三) 頭胸甲長與第一步足掌節寬之關係

雌、雄蝦兩者的頭胸甲長(CL)與第一步足掌節寬(PwPI)之關係方面，因雄蝦有大、小鉗兩種，故分開計算。經分析後發現，三者均呈直線迴歸關係(圖 7)，其中大鉗雄蝦及雌蝦之頭胸甲長與第一步足掌節寬之相關係數較高。其三者之關係式如下：

雌：PwPI = 0.1666 CL - 0.4931 (R² = 0.8609、n = 291)

雄(大鉗)：PwPI = 0.4474 CL - 3.5067 (R² = 0.8687、n = 210)

雄(小鉗)：PwPI = 0.2649 CL - 1.5278 (R² = 0.5904、n = 99)

結果顯示鳴門奧螻蛄蝦小鉗雄蝦之第一步足掌節寬隨頭胸甲增大而加寬的現象不若

大鉗雄蝦及雌蝦明顯。此外，雌蝦的第一步足掌節寬平均在 2.89mm，小鉗雄蝦的第一步足掌節寬平均在 3.26mm，大鉗雄蝦第一步足掌節寬平均在 4.56mm。大鉗雄蝦的第一步足掌節寬是雌蝦的 1.57 倍。大鉗雄蝦的第一步足掌節寬是小鉗雄蝦的 1.40 倍。小鉗雄蝦的第一步足掌節寬是雌蝦的 1.13 倍。

(四) 頭胸甲長與第一步足重之關係

雌、雄蝦(包含大、小鉗，且分別進行比較)兩者的頭胸甲長(CL)與第一步足重(PIW)之關係中，經分析後發現雌蝦、大鉗雄蝦、小鉗雄蝦三者與第一步足重均呈曲線迴歸關係(圖 8)，大鉗雄蝦之第一步足重與雌蝦之相關係數較為顯著。其三者之關係式如下：

雌：PIW = 0.0018e^{0.2248CL} (R² = 0.9284、n = 291)

雄(大鉗)：PIW = 0.0007e^{0.3182CL} (R² = 0.9461、n = 210)

雄(小鉗)：PIW = 0.0036e^{0.2011CL} (R² = 0.7375、n = 99)

結果顯示鳴門奧螻蛄蝦小鉗雄蝦的第一步足重隨頭胸甲增大而增重的現象不若大鉗雄蝦及雌蝦明顯。此外，雌蝦的第一步足重平均在 0.082g，小鉗雄蝦的第一步足重平均在 0.143g，大鉗雄蝦第一步足重平均在 0.286g。大鉗雄蝦的第一步足重是雌蝦的 3.49 倍。大鉗雄蝦的第一步足掌節重是小鉗雄蝦的 2 倍。小鉗雄蝦的第一步足重是雌蝦的 1.74 倍。

(五) 第一步足掌節寬與第一步足重之關係

雌、雄蝦(包含大、小鉗)兩者第一步足掌節寬(PwPI)與第一步足重(PIW)之關係，經分析結果顯示雌蝦、大鉗雄蝦、小鉗雄蝦三者與第一步足重均呈曲線迴歸關係(圖 9)，其中大鉗雄蝦之關係較雌蝦與小鉗雄蝦顯著。其

三者之關係式如下：

雌：PIW = 0.0046e^{1.2228PwPI} (R²=0.8857、n=291)

雄(大鉗)：PIW = 0.0097e^{0.669PwPI} (R² = 0.964、
n = 210)

雄(小鉗)：PIW = 0.0174e^{0.6363PwPI} (R²=0.8775、
n = 99)

結果顯示大鉗雄蝦的第一步足會隨著個體的成長會明顯增大增重。

二、生殖生物學

(一) 抱卵週期

經每個月調查鳴門奧螻蛄蝦的抱卵週期，結果顯示其繁殖季在 11-4 月，其中在 1 月份抱卵雌蝦個體數達 74% (圖 10)，且觀察抱卵雌蝦發現，繁殖季中每個月均有發眼卵。所採得的抱卵雌蝦最大頭胸甲長為 18.93mm，最小頭胸甲長為 14.72mm。

(二) 抱卵數及卵徑

由 70 隻抱卵雌蝦之樣本來計算抱卵數，結果顯示鳴門奧螻蛄蝦的抱卵數依個體大小而有所差異，在體長 49.04-64.04mm 的範圍內為 938-8602 粒之間。

抱卵數(NE)與體長(BL)的關係式如下(圖 11)：

NE = 292.84 BL - 12442 (R² = 0.3165, n = 70)

卵重(EW)與體長(BL)的關係式如下(圖 12)：

EW = 0.0478 BL - 2.0918 (R² = 0.4616, n = 70)

抱卵數(NE)與體重(BW)的關係式如下(圖 13)：

NE = 1613.7 BW - 1653.5 (R² = 0.4419, n = 70)

卵重(EW)與體重(BW)的關係式如下(圖 14)：

EW = 0.2846 BW - 0.4104 (R² = 0.7568, n = 70)

結果顯示抱卵數及卵重隨著體長與體重增加的關係較不明顯。

在水溫 24~25°C 的條件下雌蝦初產下的卵

呈橘黃色不透明，略呈圓形，卵徑為 0.55mm×0.54mm，卵重為 0.09mg，在抱卵後第 4~5 天出現眼點，此時之卵色為灰綠色，呈橢圓型，卵徑增大為 0.61mm×0.58mm，卵重為 0.15mg，在第 13 天將近孵化時之色卵色為半透明，卵徑為 0.72mm×0.62mm，卵重為 0.24mg。

(三) 成熟度

經調查發現，雌蝦之卵巢在整年均有發育，而在 10 月時則達到最高峰(圖 15、16)。在繁殖季(11 - 4 月)間，卵巢發育指數則有逐漸減少的趨勢，於繁殖季結束之後遂又逐漸增加。

三、族群特性

(一) 性比

在所有調查月份中，共採獲 1200 隻樣本進行性比分析，結果發現雌、雄性比為 49.25 : 50.75(♀ : ♂)，雌蝦與雄蝦之比例接近 1 : 1。圖 17 為鳴門奧螻蛄蝦各月份性比變化情形。

(二) 最小性成熟體

雌蝦之最小性成熟體型可根據有無卵巢來判斷，將雌蝦分為成熟雌蝦和未成熟雌蝦，其各體型比例如圖 18 所示。結果顯示頭胸甲長 12.01-13.00mm，此組的成熟雌蝦所佔之比例最早超過 50%，因此最小性成熟體型的頭胸甲長為 12.61mm，體長為 40.07mm，亦雌蝦之頭胸甲長超過 12.61mm 時，便可稱為性成熟。

(三) 頭胸甲長組成

雌蝦主要是由 19.00-20.99mm 的個體所組成，佔總雌性個體數的 46.73%，平均頭胸甲長為 18.08mm。雌蝦主要則是由 16.05-17.97mm

的個體組成，佔總雌性個體數的 62.25%，平均頭胸甲長為 16.70mm。而在 6 月份開始有幼蝦的出現後，成蝦則逐漸減少，平均頭胸甲長也較小。而在繁殖季前的 9 月及 10 月，成蝦比例逐漸增加，其平均頭胸甲長也逐漸變大。

四、生態習性

(一) 環境因子與抱卵率

經分析發現，溫度及降雨量的變化與抱卵率是有相關的，例如，在秋末冬初時溫度較低，平均氣溫及海溫約降至 21°C 時，雌蝦開始抱卵，而進入春末夏初後，平均氣溫及海溫約昇至 22°C 時，繁殖季結束。根據中央氣象局之降雨量記錄，繁殖季之月平均降雨量在 8.3-19.5mm 之間，而每次採集時所測得的海水鹽度則在 33-37‰ 之間，其鹽度變化不大，皆在一般海水鹽度範圍內。

(二) 個體及族群密度

將採樣框內的洞口密度換算成每平方公尺的洞穴密度，並計算樣區各月份發現第一個螻蛄蝦洞口之離岸距離。結果顯示在 3-10 月發現第一個螻蛄蝦洞口的離岸最近距離在 15-20m 處，然後逐漸往外增加至 35m 處。另一方面，由海岸線往外一直增加到離岸約 250m 處是螻蛄蝦洞口密度分佈的最高峰，每平方公尺有 464 個洞穴，並採有螻蛄蝦 232 隻。

(三) 洞穴形態

鳴門奧螻蛄蝦的洞穴外會有一個環狀隆起，但入水口之隆起較不明顯，出水口則相對較為明顯。而洞穴整體形態外觀呈現簡單的 Y 型結構，包含主要結構的 U 型部(U-part)及 shaft 部(S-part)，其中出入口位於 U 型部的兩端。次要結構則包含迴轉室(turning chamber, tc)和側

支(side branch, br)，前者在 U 型部及 shaft 部均有出現，後者則僅在 shaft 部出現。另發現一個洞穴模型結構 U 型部具有 3 個出入水口，呈現雙 Y 型結構。然無論是簡單 Y 型或雙 Y 型洞穴，內部皆僅發現一隻螻蛄蝦。另外，洞穴模型在不同的季節，其長度也略有不同，冬天洞穴兩開口之距離平均在 25cm，而長度之距離平均在 37cm，垂直深度為 40cm；夏天之洞穴兩開口之距離平均為 22cm，長度之距離平均在 55cm，垂直深度為 40-50cm，而 chamber 數量也會隨著洞穴的長度增加而增加。

(四) 行為觀察

成蝦飼養於室內，且水溫控制在 24-25°C，鹽度 34-35‰，飼養在 6L (長×寬×高 = 30×8×25cm³) 飼養缸中，並加入 15cm 深的樣區底質後進行行為觀察。螻蛄蝦置入實驗缸後即開始掘洞，進入洞穴後則幾乎未再爬出洞外，故無法觀察到其攝食、脫殼和交配等行為，但當發現到螻蛄蝦爬出洞穴外時，則是在幼苗孵化之時。然而因為無直接觀察到其孵化過程，故無法判斷螻蛄蝦是在洞穴內進行孵化，抑或是雌蝦會爬出洞穴外進行釋苗。

討論

一、形態形質之探討

(一) 雄性個體之第一步足二型性現象

鳴門奧螻蛄蝦雄蝦個體可發現明顯的二型性現象，此種現象並未在雌蝦個體上發現，雄蝦之所以有此現象，可能是與競爭配偶有關 (Krebs and Davies 1987; Ngoc-Ho and Chan 1992)。推測雄蝦可能為提高與雌蝦的交配機率，而將第一步足退化成與雌蝦相似大小的形式，讓自己偽裝成雌蝦，進而減少與其他雄蝦

間的競爭行為來提高與雌蝦的交配機率。這種群體間個體的互動刺激所造成的現象在魚類中也曾發現，例如慈鯛科的魚類，一般都是強壯的雄性個體才有交配權，但弱勢的雄性個體會模擬雌性行為及體色，進入雄性的巢穴中伺機與雌性交配 (Neff and Clare 2008)；另外羅氏沼蝦 *Macrobrachium rosenbergii* 亦有類似現象，在同一個族群中，體型最大的個體大鉗呈藍色，而其他成熟雄蝦大鉗呈橘色，當橘色大鉗雄蝦體型超越藍色大鉗雄蝦時，其橘色大鉗也會隨之變成藍色，進而取代其地位 (FAO 2013)。如此的生態行為，應有助於維持族群的基因多樣性。另外，除了交配行為，雄蝦的第一步足大部份可用於衝突、防禦及領域展示 (Davidson and Marsden 1987) 行為，而因打鬥而喪失第一步足，雖然待下次脫殼後可以再生，但需要一段時間才能恢復成同體型應有的大小，而導致小鉗雄蝦的出現。以上兩點，可能造成二型性的原因。

Hartnoll (1978) 亦提及雌雄蝦不同成長階段的相對成長差異，是造成雌雄蝦大螯尺寸不同的成因之一。由於雄蝦不需儲存生殖產卵的能量，所以雄蝦的第一步足較雌蝦大 (Tucker, 1930)。這種第一步足上的差異在海蛄蝦類是常見的，例如：*Upogebia pusilla* (Tucker 1930)、*Callinassa australiensis* (Hailstone and Stephenson 1961)、*C. filholi* (Devine 1966)和 *C. major* (Rodrigue and De 1985)等，在性成熟時可明顯的發現此現象 (after Dworschak 1988)。本研究分析結果顯示，在相同頭胸甲長之雄蝦體重、第一步足重、第一步足掌節寬都要比雌蝦來的大，此現象與同樣屬於異尾類的 *Lithodes ferox* 的結果是一樣的，雄蟹體型比雌蟹要來的大，反映出在脫殼和成長率上是有性別上的差異 (Abelló and Macpherson 1992)，這

是甲殼類中異尾類與短尾類對於能量分配上，在生殖或成長上的差異所致 (Asakura 1987; Christy 1987)。雌蝦可能是因為生殖行為，必須消耗掉大部份的能量，而造成雌蝦個體要比雄蝦個體要來的小 (Griffiths and Blaine 1988)。

二、生殖生物學之探討

(一) 抱卵週期

溫度、日照及餌料變化是影響螻蛄蝦生殖週期的主要環境因子(Sastry 1983)。生殖季節一般視群落環境的溫度週期而定。如棲息於地中海及黑海的 *Upogebia pusilla* 抱卵雌蝦只會在 3 月及 10 月間出現 (Dworschak 1988)。棲息於美國加州的 *U. pugettensis* 抱卵雌蝦則是在 1 月及 2 月間出現 (Macginitie 1930)。鳴門奧螻蛄蝦的抱卵週期一年只有一次，於溫度較低的在秋末冬初，平均氣溫及海溫約在 21°C 以下時雌蝦開始抱卵。在進入春末夏初後，平均氣溫及海溫在 22°C 以上，抱卵結束。然而本研究在 4 月份的第二次採集時並未發現抱卵現象，因此本種的抱卵適合溫度應在 21°C 以下。而由 2 月份 2 次採集較低的抱卵率(39%、50%)對照 1、2 月的海溫及氣溫介於 14-16°C 之間推測其合適的抱卵溫度約在 15-21°C 之間。此外，在解剖抱卵雌蝦後發現仍有卵巢的存在，且抱卵末期卵數漸少及雌蝦瘦小之體型來看，推測其可能屬多次抱卵的種類。

(二) 抱卵數及卵徑

對同一個體而言，腹肢上的卵粒重量對抱卵數之比值將隨著卵之發育而增大，故可由卵重與抱卵數之比值變化來推測其抱卵期與蝦苗孵化期(Giesel 1976)。由結果得知，體長 49.04-64.04mm 的範圍內，其抱卵數為

938-8602 粒之間。然而造成抱卵數之範圍差異甚大的原因，推測可能因與多次產卵有關。在採集過程中，抱卵雌蝦可能已產卵過，導致雌蝦再次抱卵時，其卵巢較不如上次來的飽滿，故抱卵數量因而較少。此外，所捕獲的標本中有發眼卵和未發眼卵二種，在發眼卵部份很可能雌蝦先前已進行釋苗行為，故附著於腹部的卵粒有明顯減少之現象；而未發眼卵可能因某些外在因子的影響下，造成雌蝦出現踢卵的行為致使卵粒減少。除了雌蝦的體型大小外，不同種類的抱卵數與卵的大小和幼苗的浮游期數有關。鳴門奧螻蛄蝦的未發眼卵徑為 0.55mm×0.54mm、發眼卵徑為 0.61mm×0.58mm、即將孵化卵徑為 0.72mm×0.62mm，其浮游期為四期。而美食奧螻蛄蝦的未發眼卵徑為 1.07mm×1.00mm，發眼卵徑為 1.18mm×1.12mm，即將孵化卵徑為 1.36mm×1.21mm，其浮游期為二期。根據林(1995)指出，螻蛄蝦類的卵數多、卵粒小及具有較長的浮游期者一般死亡率較高。但由上述結果顯示，鳴門奧螻蛄蝦的卵徑較美食奧螻蛄蝦小，相對抱卵數量較多，雖兩者均屬於浮游期短的種類，但其幼苗死亡率可能較美食奧螻蛄蝦高。

三、族群特性之探討

(一) 壽命

有關海蛄蝦類年齡壽命的研究報告中，大部份種類的壽命都相當長，例如螻蛄蝦科 (Family Upogebiidae) 中的 *U. puilla* 在進行室內飼養的條件下至少可存活三年以上，且推估其壽命最長應可超過五年，是目前所有關於 Upogebiidae 報導中壽命最長的一種 (Dworschak 1988)。而 Tucker (1930) 和 Popovici (1940) 從體型頻度分佈中分別調查

U. pusilla，以及 Gustafson (1934) 研究的 *U. deltaura* 均發現其壽命至少都有三年。另外同屬於海蛄蝦類的美人蝦 *Callinassa filholi* 估計可活四年之久 (Dworschak 1988; Devine 1966)，*C. australiensis* (Hailstone and Stephenson 1961) 和 *C. kraussi* (Forbes 1977) 最少均可活二至三年，而 *C. californiensis* 之壽命甚至可達十年之久 (Dworschak 1988)。本研究進行週年的野外調查中發現，在繁殖季的 11 月起至隔年的 4 月後開始發現有幼蝦的出現，其幼蝦的出現頻率一直到 10 月份有明顯下降之趨勢，而在幼蝦出現的期間，成蝦則明顯減少。此外，利用 Peterson method 分析各月份體長出現頻率之結果可發現，繁殖季期間的 11-4 月多為成熟體型(圖 19A, B)，然而依據本研究的幼苗變態所需時間推測，可能在繁殖季起的次月即可發現幼蝦，但或許因剛底棲的幼蝦體型較小，故在採集時難以發現其蹤跡。因此在 5-7 月(圖 19C)時，可能因幼蝦逐漸成長到較易發現的體型，故可發現此期間有小型個體加入。由圖 19D 可明顯發現幼蝦逐漸成長，而成蝦仍維持一定的族群量。綜合以上二點推測，鳴門奧螻蛄蝦的壽命至少可存活二年，且成蝦到達成熟體型後應可再連續二個繁殖季中進行繁殖，此結果與上述前人研究之海蛄蝦壽命大致接近。

(二) 性比變動

在生物學上，性比之關係乃代表此族群在生態狀態的優劣。族群中以雌性個體佔多數者對其生殖潛力有較佳的優勢。在許多影響性比變化的因子中，以生殖行為最為明顯。當各體型之性比呈現不規則時，是因兩性間開始成熟的成長率、死亡率不同所造成的現象 (Abelló and Macpherson 1992)。根據 Dworschak (1987a)

在地中海的三個不同樣區所調查的 *U. pusilla* 研究發現，其性比比例均不相同，但在幼蝦出現前雌、雄蝦個體間的性比確都接近 1:1，且三個不同樣區之成蝦性比變化較大，但目前仍找不出相關模式能合理解釋。Tucker (1930) 在觀察 *U. pusilla* 的族群時則發現雌、雄蝦的性比為 3:2，而雄蝦在幼蝦期間較雌蝦佔優勢。Devine (1966) 發現海蝨科的 *C. filholi* 雌、雄蝦的性比為 1:2，而幼蝦性比則為 1:1。堵 (1993) 指出在自然界中十足目的雌雄性比約為 1:1，而本研究所採集的標本中，結果顯示鳴門奧螻蛄蝦的雌雄性比大約為 1:1，符合一般甲殼十足目的性比。

(三) 最小性成熟體型

在多變的環境下，通常生物會提早達到性成熟，且會一次產卵，而在較安穩的環境下生物通常會有性成熟較晚的現象，且行多次產卵。但性成熟體型依不同種類而異，即使同一種生物因地理上的隔離或其他許多因素影響也會有所不同 (Emmerson 1985)。例如地中海的 *U. pusilla* 的最小性成熟體型因區域不同結果也不相同，其中分佈於義大利之 Grado 及 Staranzano 的最小抱卵個體體長分別為 36mm 及 34mm，最小有卵巢的個體體長 Grado 為 34mm，而分佈於克羅埃西亞 Rovinj 的最小抱卵個體體長則為 26mm，最小有卵巢的個體體長為 25mm。*U. pusilla* 雄蝦體長超過 17mm 時其精巢和輸精管即可辨認出，而中型體型的雄蝦 (體長約 35mm) 精巢的發育情形要比大型的雄蝦來的好 (Dworschak 1988)。Tucker (1930) 在組織觀察中發現，雄蝦體長在 7mm 時就開始有精巢，而體長達到 10mm 時已具備發育良好的精原細胞和輸精管，當體長大於 15mm 時便已達性成熟之體型。本研究利用生

殖腺的發育狀況來判別雌蝦性成熟個體，發現其最小性成熟體型之頭胸甲長為 12.61mm、體長為 40.07mm，其體型要比上述地中海的螻蛄蝦大，但較美食奧螻蛄蝦小。而雄蝦精巢因無色且小故無法分辨出，因此以第一步足掌節寬來進行討論。然而雄蝦第一步足具二型性，故將其分為大鉗和小鉗分別求得迴歸方程式，結果顯示頭胸甲長 14.07mm 時分成二迴歸線，故應可將 14.07mm 視為雄蝦的最小性成熟體型。此外，本研究在調查卵巢指數(OI 值)時，得知其卵巢雖然整年均有發育，但在繁殖季前至開始抱卵時卵巢才呈現飽滿狀。此時卵巢的分布會從頭胸甲處一直延伸至第六腹節背面處，而在頭胸甲中僅佔卵巢的一部份。因此，在分析卵巢指數方面，本研究則採二種計算方式，一為卵巢重(OW)和頭胸甲長(CL)之比較 [(卵巢重/頭胸甲長³) × 10⁵]，第二為卵巢重(OW)和體重(BW)之比較 (卵巢重/體重 × 100%)。經計算後得知，卵巢重與頭胸甲長在繁殖季前 OI 值為 7.27，而卵巢重與體重在繁殖季前 OI 值則高達 12.51。經上述結果與在野外調查時發現，在繁殖季期間發現大量螻蛄蝦會進行脫殼現象，推測此現象的發生可能是雌蝦在卵巢開始發育且成熟脫殼時，可繼續以不同的成長率進行脫殼成長，然而藉由成長來增加體腔的空間並容納因發育而膨大的卵巢。因此本研究針對雌、雄蝦的頭胸甲長與體重之關係，顯示在相同頭胸甲長條件下，以雌蝦個體之體重較重相符合。

四、生態習性之探討

(一) 環境因子

環境影響因子包括有生物因子及非生物因子，而本研究則探討非生物因子中的降雨量及溫度對鳴門奧螻蛄蝦生殖的影響。經調查發

現，在 5、6 月份的梅雨季和 7-10 月的颱風季雨量較多，而月平均降雨量在 52.9-238.9 mm 之間，其餘的 11-4 月之月平均降雨量則在 8.3-19.5 mm，且此週期與鳴門奧螻蛄蝦的繁殖季(11-4 月)相符。此外，本研究在樣區所測得的海水鹽度在 33-37‰，與美食奧螻蛄蝦可生活的鹽度(約 16-37.5‰)有較大的落差。雖然無法以此認定鳴門奧螻蛄蝦為狹鹽性物種，但相對來說本種棲息的樣區不會因降雨而降低其鹽度，因此在繁殖季時可能有助於提高幼苗的存活率。此外，本種蝦的繁殖季在冬季前後(11-4 月，1 月為高峰)，當海溫降至約 21°C (11 月)開始繁殖，而當海溫略超過 20°C (隔年 4 月)時則繁殖季結束。因此由上述結果得知，本種蝦的主要繁殖水溫介於 15-21°C。然而根據林(1995)指出，美食奧螻蛄蝦繁殖季為 1-10 月(5 月為高峰)，其主要繁殖水溫介於 24-27°C，相較於本研究的月份雖有重疊，但所繁殖的溫度範圍卻略有差異，即美食奧螻蛄蝦之繁殖水溫較本研究種類高。根據二種之地理分佈，本種蝦多分佈於北緯 23-34 度間(Sakai 1986)，美食奧螻蛄蝦則多分佈於北緯 12-24 度間(Ngoc-Ho and Chan 1992)，故可看出本種蝦較偏向溫帶性物種，而美食奧螻蛄蝦則較偏向熱帶性物種。

(二) 密度分佈

Dworschak (1987b) 指出計算洞口數是目前用來估算穴居族群最好的方法，然而海螻蛄科中的美人蝦屬(Genus *Callianassa*)之洞穴結構較為複雜，故要計算 *Callianassa* 的族群量十分困難。而螻蛄蝦屬(Genus *Upogebia*)的洞穴構造則較為單純，且洞穴屬永久性結構，因此非常適合以洞口數估算族群密度。目前由 Vaugelas (1990)中已知地中海的 *U. pussila* 成

蝦密度為 87 尾/m²、南非的 *U. africana* 為 10-150 尾/m²，北歐的 *U. deltaura* 為 50-100 尾/m²，*U. littoralis* 最高為 416 尾/m² (Vaugelas 1990)。 *U. deltaura* 為 250 尾/m² (Tunberg 1986)，美食奧螻蛄蝦的最高密度為 149 尾/m²。由上述得知，每種螻蛄蝦的密度變化差異甚大，但密度均可謂不低，與 Tunberg (1986) 和 Wanless *et al.* (1988) 所提到螻蛄蝦類的棲地條件要求嚴苛，但在合適的棲地往往會出現大量的族群。本研究經調查後發現，本種最高密度為 232 尾/m²，符合此一現象。另外，在各月份所測得的螻蛄蝦洞口之離岸距離發現，於螻蛄蝦繁殖季(11-4 月)後離岸較近，且發現潮上帶之洞穴呈現較小之現象，因此推測此時剛底棲的部分幼蝦會隨潮水的影響而分佈至潮上帶棲息。然而隨著成長，對底質的要求愈趨嚴苛(如粒徑比例、底砂深度)，故棲息於此區域的個體可能逐漸往潮中、潮下帶遷移。另外本研究發現，於大退潮時往外延著海岸線行走至水深約 50cm 深處，仍可發現水裡仍佈滿大量的螻蛄蝦洞穴，而洗及蔡(2010)針對澎湖內灣漁場生態環境調查時，亦發現內灣海域水深約 5m 處佈滿高密度鳴門奧螻蛄蝦的洞穴及所蛻下的殼。因此，本研究亦針對棲地潮下帶進行水下作業潛水調查，以瞭解在棲地潮下帶處是否仍有螻蛄蝦的洞穴。而經潛水調查後發現，於棲地潮下帶處確實也佈滿著大量的螻蛄蝦洞穴。顯示出澎湖內灣海域可能是相當符合鳴門奧螻蛄蝦的「生態區位」(Ecological niche)，故使得能在此具有相當的族群量。

(三) 洞穴形態

在本研究灌製的洞穴模型中，僅有一個具有 3 個開口的雙 U 型結構，其餘皆為兩個開口的單 U 型結構，與一般典型的螻蛄蝦洞穴模式

(Dworschak 1983; Nickell and Atkinson 1995) 相同。而 U 型具有對外的兩個開口，普遍被認為是利於螻蛄蝦行濾食作用，藉由螻蛄蝦腹肢的擺動導引水流進入洞穴，再由另一個洞口排出，藉以濾食水中的懸浮物(Nickell and Atkinson 1995; Coelho *et al.* 2000)。螻蛄蝦常將洞穴通道維持呈圓柱狀且光滑的管壁，此現象在流體力學上具有使水體流通更具效率的解釋(Vaugelas *et al.* 1986)。本研究在進行挖掘時，亦可發現其洞壁相當平滑，且比洞穴外的沙層堅硬緊密。而 S-part 結構主要是向下延伸，一般認為是用來躲避敵害或利用底層較穩定的環境來避免表層環境變化可能造成的窘迫。此外，本研究發現其洞穴深度亦會受到季節溫度的影響而改變，即在進行洞穴模型灌製期間，於冬季時(平均溫度在 20°C 以下)且又逢大潮出現在清晨低溫時段，發現其洞穴 shaft 部向下延伸較淺，約在 30cm 內即可發現螻蛄蝦個體；而夏季時(平均溫度為 27°C)之大潮較大潮差出現在傍晚的高溫時段，其洞穴 shaft 部則向下延伸較深，大約在 50cm 處才能發現螻蛄蝦個體。相較於林(1995)的美食奧螻蛄蝦，其洞穴深度在 78-100cm，本研究之洞穴深度則較為淺。推測其可能原因是樣區泥沙厚度僅 50cm 左右，更深處多為珊瑚碎屑甚至礁岩，故使得螻蛄蝦難以再繼續向下挖掘。另外，本研究之洞中結構尚包含迴轉室及側支，這些構造對於螻蛄蝦的穴居行為相當重要。迴轉室顧名思義，主要是藉以進行迴轉的動作。本研究發現，迴轉室的數量與洞穴長度有關，洞穴越長迴轉室的數量則越多。側支在結構上功能有儲藏之功用(Nickell and Atkinson 1995)，而 Coelho *et al.* (2000) 在室內觀察中也發現，*U. omissa* 會將某一側支的沉積物帶往另一個側支中，並篩選出較細的顆粒食用，甚至

會將篩選出較大顆粒帶往另一個側支囤放。側支另一個功能亦與脫殼有關，根據 Astall *et al.* (1997) 指出，*U. deltaula* 及 *U. stellata* 會在側支中進行脫殼，脫殼完成後會將側支關閉。本研究的洞穴模型中，具有 3 個對外的洞口，此現象目前僅在美食奧螻蛄蝦的洞穴結構中出現過，而其他海螻蛄科物種中並未有所描述。彭(2009)曾觀察到，美食奧螻蛄蝦在開始掘洞時會先挖掘一個臨時的 U 型管道，約二週後又出現另一個洞口，而原本之洞口則在幾天後又封住。此情形也許能說明具有三個洞口的現象是部份雄性個體遷移所造成的。此現象若成立，對於鳴門奧螻蛄蝦的移動能力則有另一個新的瞭解。此外，在洞穴模型中均只發現一隻鳴門奧螻蛄蝦，因此推測本種蝦應該是屬於一個洞穴內只會有一個個體的種類。

(四) 行為觀察

鳴門奧螻蛄蝦的移動方式主要是利用腹肢的連續擺動製造水流並向前游動，尾扇則是用來後退彈跳快速移動。在野外行為觀察中，螻蛄蝦在泥灘地上的移動速度較為緩慢、笨拙，且有明顯的向地性。而在室內觀察中，未放入底質的缸子內，螻蛄蝦會彼此間相互靠著，且偏好角落也幾乎不太移動。然而觀察期間並無發生攻擊之情形，是屬於較溫馴的種類。相較於 *U. deltaura* 不管性別為何，對彼此都具有攻擊性，並會利用螯腳相互攻擊，嚴重者會造成死亡(Tunberg 1986)。當放入樣區底質後，螻蛄蝦則迅速利用步足開始挖掘搬運泥沙，並建造適合棲息之洞穴。

五、建議事項

本研究的鳴門奧螻蛄蝦目前在全世界僅發現於日本及臺灣(Sakai, 1986)，而在臺灣則

主要分佈於澎湖地區。然而經本研究調查發現，在樣區面積約 6.25 公頃(長、寬各約 250m)的範圍內，螞蛄蝦密度在 232 尾/m²。相較於彰化縣伸港地區潮間帶的美食奧螞蛄蝦密度(149 尾/m²)，鳴門奧螞蛄在澎湖內灣海域是非常龐大的數量。

然而棲地環境的任何改變，都有可能影響到鳴門奧螞蛄蝦的棲息，例如海岸的水泥化、港口航道的疏浚及海洋工程施工等，都可能造成突堤效應(Groin effect)，而沖失沿岸泥沙，導致鳴門奧螞蛄蝦逐漸無法在該棲地生存，造成其數量銳減甚至消失。加上近幾年澎湖釣魚活動日漸興盛，活餌需求量遽增，早期釣具店會從台灣地區訂購活餌，但在成本與運輸上的考量上，近來已改由跟當地捕抓蝦猴業者購買。本研究於野外調查期間，經常看見民眾徒步前往棲地進行挖掘螞蛄蝦，再賣給釣具行及釣客，其採集數量都相當驚人。因此在需求量日與俱增、供不應求的壓力下，其產量似有日趨減少之現象。又加上近幾年來水域遊憩活動蓬勃發展，而目前經營海上平台之業者遂有逐年增加的趨勢，因其活動範圍皆於澎湖沿岸海域，頗受遊客喜愛，故已逐漸成為遊客重要旅遊行程之一。這些海上平台活動所產生的污水及廢棄物等，可能使潮間帶的生態環境發生改變，也可能衝擊鳴門奧螞蛄蝦棲地的穩定性。因此，在環保及保育觀念愈來愈受重視的今天，對於從事沿岸海域海上休閒漁業活動，相關單位已開始嚴格監控管理並訂定相關法令予以規範。另一方面，對於無限制過度捕撈之情形，有可能會造成過漁的現象，因此本研究建議以下項目實施單行或並行：(1)禁止捕撈抱卵母蝦、(2)繁殖季節選定一段期間為禁漁期、(3)大潮前後數日禁止採捕、(4)劃定禁漁區、(5)禁止沖灌式及涉水挖掘篩捕的捕抓方

式、(6)體型在 4cm 以下的鳴門奧螞蛄蝦禁止採捕。希冀藉此雙贏保育及產業，並慢慢建立使用海域不忘愛護海域的觀念，讓同時具有人文、經濟與生態意義的鳴門奧螞蛄蝦得以在澎湖內灣海域永續生存下去。

引用文獻

- 方智芳。1998。彰濱地區螞蛄蝦採集法對該族群恢復的影響及保育策略之研究。私立東海大學環境科學研究所碩士論文。83 頁。
- 洗宜樂、蔡萬生。2010。澎湖海域產鳴門奧螞蛄蝦生態初探。水試專訊。29: 13-14。
- 林鳳嬌。1995。臺灣美食螞蛄蝦(鹿港蝦猴)之生物學研究。國立台灣海洋大學漁業科學研究所碩士學位論文。79 頁。
- 林鳳嬌。2004。臺灣海螞蛄之分類及分布研究。國立台灣海洋大學環境生物與漁業科學研究所博士學位論文。203 頁。
- 堵南山。1993。甲殼動物學。科學出版社。北京。1103 頁。
- 彭紹宏。2009。台灣彰化沿海潮間帶之螞蛄蝦 *Austinopecten edulis* (Ngoc-Ho and Chan, 1992)的棲地、行為與生態之研究。國立台灣海洋大學海洋生物研究所博士學位論文。170 頁。
- Abelló, P. and E. Macpherson. 1992. Epibiosis and rhizocephalan infestation patterns in relation to the reproductive biology of *Lithodes ferox* (Filhol, 1885) (Anomura: Lithodidae). *Journal of Crustacean Biology* 12: 561-570.
- Asakura, A. 1987. Population ecology of the sand-dwelling hermit crab *Diogenes nitidimanus* Terao: 3. Mating system.

- Bulletin of Marine Science 41: 282-288.
- Astall, C. M., A. C. Taylor and R. J. A. Atkinson. 1997. Behavioural and physiological implications of a burrow-dwelling lifestyle for two species of upogebiid mud-shrimp (Crustacea: Thalassinidea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 44: 155-168.
- Atkinson, R. J. A. and C. J. Chapman. 1984. Resin casting: a technique for investigating burrows in sublittoral sediments. *Progress in Underwater Science* 9: 15-25.
- Branch, G. M. and A. Pringle. 1987. The impact of the sand prawn *Callinassa kraussi* Stebbing on sediment turnover and on bacteria meiofauna, and benthic microflora. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 107: 219-235.
- Christy, J. H. 1987. Competitive mating, mate choice and mating associations of brachyuran crabs. *Bulletin of Marine Science* 41: 177-191.
- Coelho, V. R., A. B. Williams and S. D. Rodrigues. 2000. Trophic strategies and functional morphology of feeding appendages, with emphasis on setae, of *Upogebia omissa* and *Pomatogebia operculata* (Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 130: 567-602.
- Devine, C. E. 1966. Ecology of *Callinassa filholi* Milne-Edwards 1878 (Crustacea, Thalassinidea). *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 8: 93-110.
- Dworschak, P. C. 1983. The biology of (Petagna) (Decapoda, Thalassinidea) I. The burrows. *Marine Ecology* 4: 19-43.
- Dworschak, P. C. 1987a. Feeding behavior of *Upogebia pussila* and *Callianassa tyrrrha* (Crustacea, Decapoda, Thalassinidea). *Investigacion Pesquera* 51: 421-429.
- Dworschak, P. C. 1987b. The biology of *Upogebia pusilla* (Petagna) (Decapoda, Thalassinidea). II. Environments and zonation. *Marine Ecology* 8: 337-358.
- Dworschak, P. C. 1988. The biology of *Upogebia pusilla* (Petagna) (Decapoda, Thalassinidea) III. Growth and Production. *Marine Ecology* 9: 51-77.
- Emmerson, W. D. 1985. Fecundity, larval rearing and laboratory growth of *Palamon pacificus* (Stimpson) (Decapoda: Palaemonidae). *Crustaceana* 49: 77-289.
- FAO. 2013. Cultured Aquatic Species Information Programme. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Forbes, A. T. 1977. Breeding and growth of the burrowing prawn *Callinassa kraussi* Stebbing (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). *Zoologica Africana* 12: 149-161.
- Giesel, J. T. 1976. Reproductive strategies as adaptations to life in temporally heterogenous environments. *Annual Review of Ecology and Systematics* 7: 57-79.
- Griffis, R. B. and T. H. Suchanek. 1991. A model of burrow architecture and trophic modes in thalassinidean shrimp (Decapoda: Thalassinidea). *Marine Ecology Progress Series* 79: 171-813.

- Griffiths, C. L. and M. J. Blaine. 1988. Distribution, population structure and biology of stomatopod Crustacea off the west coast of South Africa. *South African Journal of Marine Science* 7: 45-50.
- Gustafson, G. 1934. On the Thalassinidea of the Swedish west coast. *Arkiv för Zoologi* 28: 1-19.
- Hailstone, T. S. and W. Stephenson. 1961. The biology of *Callianassa (Trypaea) australiensis* Dana 1852 (Crustacea, Thalassinidea). *University of Queensland Papers Department of Zoology* 12: 259-283.
- Hamano, T. 1990. How to make casts of the burrows of benthic animals with polyester resin. *Benthos Research* 39: 15-19.
- Hartnoll, R. C. 1978. The determination of relative growth in Crustacea. *Crustaceana* 34: 281-293.
- Kinoshita, K., M. Wada, K. Kogure and T. Furota. 2008. Microbial activity and accumulation of organic matter in the burrow of the mud shrimp, *Upogebia major* (Crustacea: Thalassinidea). *Marine Biology* 153: 277-283.
- Krebs, J. R. and N. B. Davies. 1987. *An Introduction to Behavioural Ecology*, Second edition. Chapman and Hall, pp. 289.
- Li, H. Y., F. J. Lin, B. K. K. Chan and T. Y. Chan. 2008. Burrow morphology and dynamics of mud shrimp in Asian soft shores. *Journal of Zoology* 274: 301-311.
- Liu, W. and R. Liu 2012. A new species of the genus *Austinogebia* Ngoc-Ho, 2001 (Crustacea, Decapoda, Gebiidea, Upogebiidae) from northern China. *Zootaxa* 3243: 59-64.
- Macginitie, G. E. 1930. The natural history of mud shrimp *Upogebia pugettensis* (Dana). *Annals and Magazine of Natural History* 6: 36-47.
- Neff, B. D. and E. L. Clare. 2008. Temporal variation in cuckoldry and paternity in two sunfish species (*Lepomis* spp.) with alternative reproductive tactics. *Canadian Journal Zoology* 86: 92-98.
- Ngoc-Ho, N. and T. Y. Chan. 1992. *Upogebia edulis*, new species, a mud-shrimp (Crustaceas: Thalassinidea: Upogebiidae) from Taiwan and Vietnam, with a note on polymorphism in the male first pereopod. *The Raffles Bulletin of Zoology* 40: 33-43.
- Nickell, L. A. and R. J. A. Atkinson. 1995. Functional morphology of burrows and trophic modes of three thalassinidean shrimp species, and a new approach to the classification of thalassinidea burrow morphology. *Marine Ecology Progress Series* 128: 181-197.
- Pemberton, G. S., M. J. Risk and D. E. Buckley. 1976. Supershrimp: Deep Bioturbation in the Strait of Canso, Nova Scotia. *Science* 192: 790-791.
- Popovici, Z. 1940. Langenmessungen an *Upogebia littoralis* R. aus dem Schwarzen Meere. *Bull Sect Scient de l'Acad roumaine* 22(10): 484-488.
- Sakai, K. 1986. On *Upogebia narutensis*, a new thalassinid (Decapoda, Crustacea), from Japan. *Researches on crustacea* 15: 23-29.

- Sakai, K. and M. Türkay. 1995. Two upogebiid species from the Persian-Arabian Gulf, with a description of a related new species from Taiwan (Crustacea: Decapoda: Upogebiidae). *Senckenbergiana Maritima* 25:197-208.
- Sastry, A. N. 1983. Pelagic larval ecology and development. In: F. J. Vernberg & W. B. Vernberg eds. *The biology of Crustacea: Behavior and Ecology* 7: 214-282.
- Shy, J. Y. and T. Y. Chan. 1996. Complete larval development of the edible mud shrimp *Upogebia edulis* Ngoc-Ho and Chan, 1992 (Decapoda, Thalassinidea, Upogebiidae) reared in the laboratory. *Crustaceana* 69(2): 175-186.
- Stevens, B. A. 1928. Callianassidae from the West Coast of North America. *Puget Sound Biological Station Publications* 6: 315-369.
- Swinbank, D. D. and J. L. Luternauer. 1987. Burrow distribution of thalassinidean shrimp on a Fraser Delta tidal flat, British Columbia. *Journal of Paleontology* 61: 315-332.
- Tucker, B. W. 1930. On the effects of an epicaridean parasite, *Gyge branchialis*, on *Upogebia littoralis*. *The Quarterly Journal of Microscopical Science* 74: 1-118.
- Tunberg, B. 1986. Studies on the population ecology of *Upogebia deltaura* (Leach) (Crustacea, Thalassinidea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 22: 753-765.
- Vaugelas, J. de. 1990. *Ecologie des callianasses (Crustacea, Decapoda, Thalassinidea) et milieu récifal Indo-Pacifique. Consequences du remaniement sédimentaire sur la distribution des matières humiques, des métaux trace et des radionucléides. Mémoire présenté à l'Université de Nice* 1-269.
- Vaugelas, J., B. Delesalle and C. Monier. 1986. Aspects of the biology of *Callichirus armatus* (A. Milne Edwards, 1870) (Decapoda, Thalassinidea) from French Polynesia. *Crustaceana* 50: 204-216.
- Wanless, H. R., L. P. Tedesco and K. M. Tyrrell. 1988. Production of subtidal tubular and surficial tempestites by Hurricane Kate, Caicos Platform, British West Indies. *Journal of Sedimentary Research* 58(4): 739-750.
- Witbaard, R. and G. C. A. Duineveld. 1989. Some aspects of the biology and ecology of the burrowing shrimp *Callianassa subterranean* (Montagu) (Thalassinidea) from the southern North Sea. *Sarsia* 74: 209-219.
- Ziebis, W., S. Forster, M. Huettel and B. B. Jorgensen. 1996a. Complex burrows of the mud shrimp *Callianassa truncate* and their geochemical impact in the sea bed. *Nature* 382: 619-622.
- Ziebis, W., M. Huettel and S. Forster. 1996b. Impact of biogenic sediment topography on oxygen fluxes in permeable seabeds. *Marine Ecology Progress Series* 140: 227-137.

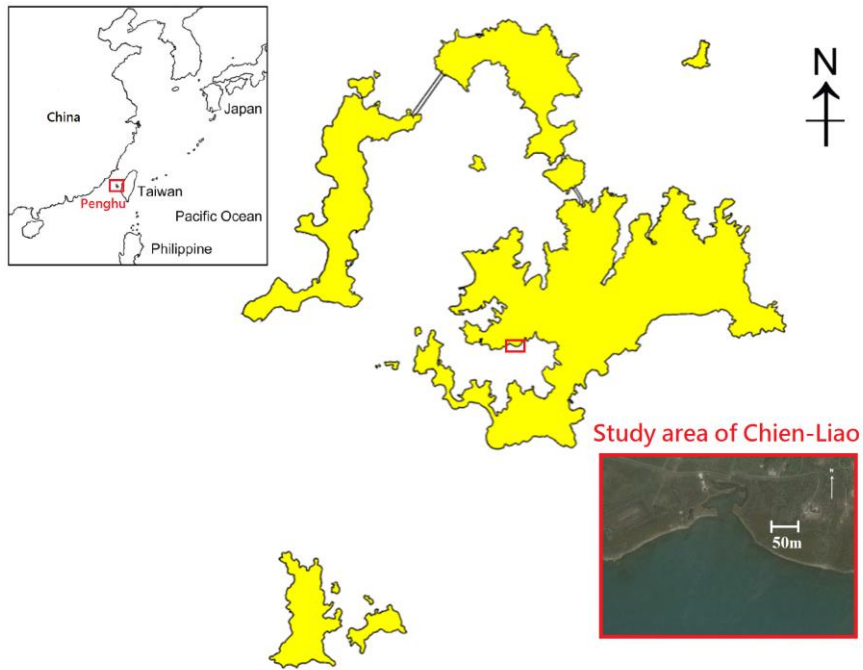


圖 1. 澎湖地區之鳴門奧螻蛄蝦採樣地點
 Fig. 1. Collection sites of *Austinogebia narutensis* in Penghu.

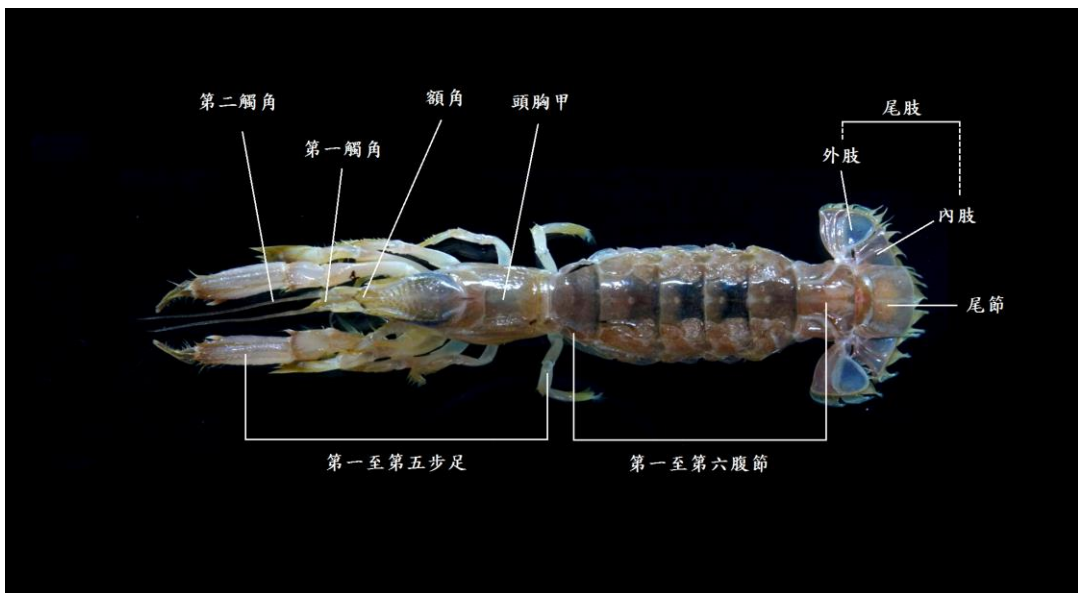


圖 2. 鳴門奧螻蛄蝦之各部位名稱示意圖
 Fig. 2. Dorsal view of *Austinogebia narutensis* external morphology.

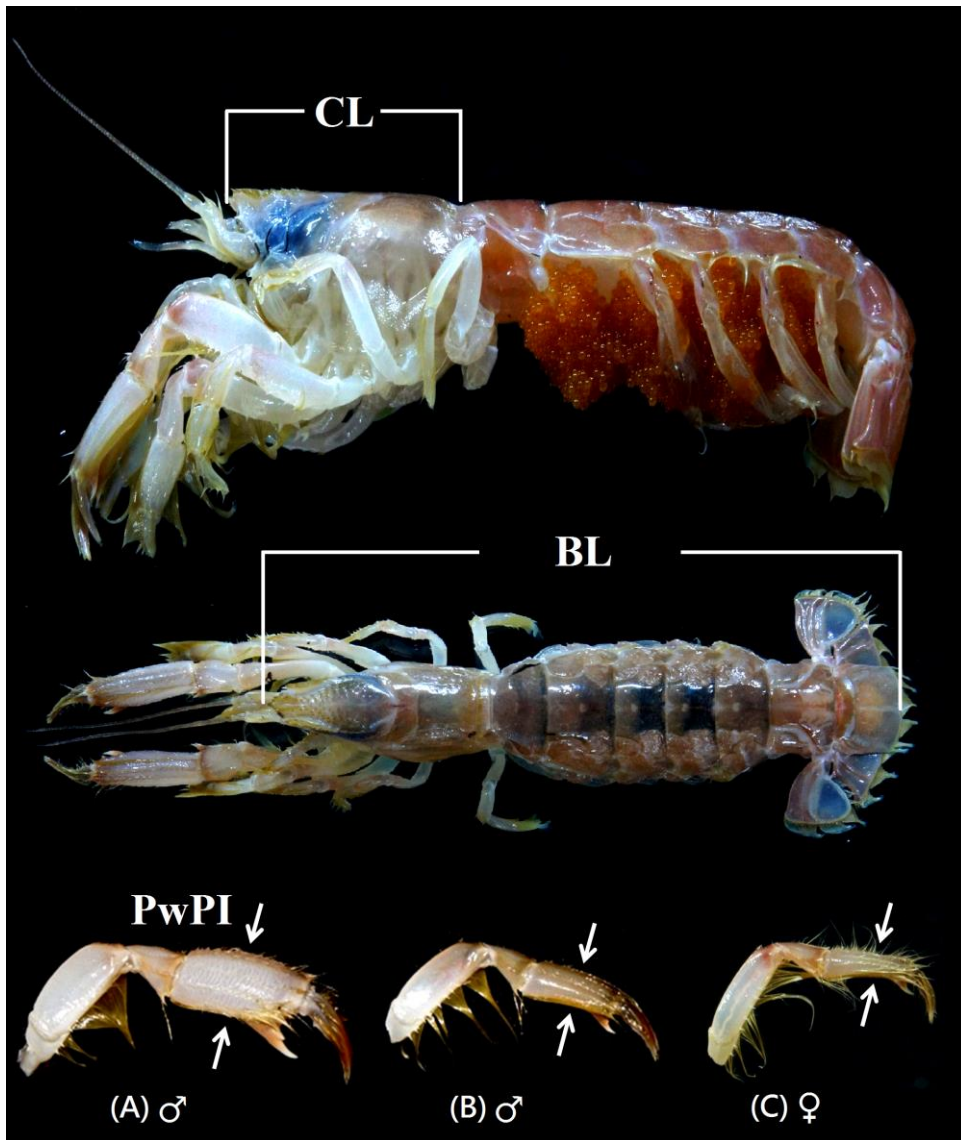


圖 3. 鳴門奧螻蛄蝦之形質測定示意圖：CL=頭胸甲長；BL=體長；PwPI=第一步足掌節寬；(A)=大鉗雄性個體之第一步足；(B)=小鉗雄性個體之第一步足；(C)=雌性個體之第一步足

Fig. 3. Body measurements in *Austinogebia narutensis*. CL, carapace length; BL, body length; PwPI, propodus width of pereopod I; (A), pereopod I of stout chela male; (B), pereopod I of slender chela male; (C) pereopod I of female.

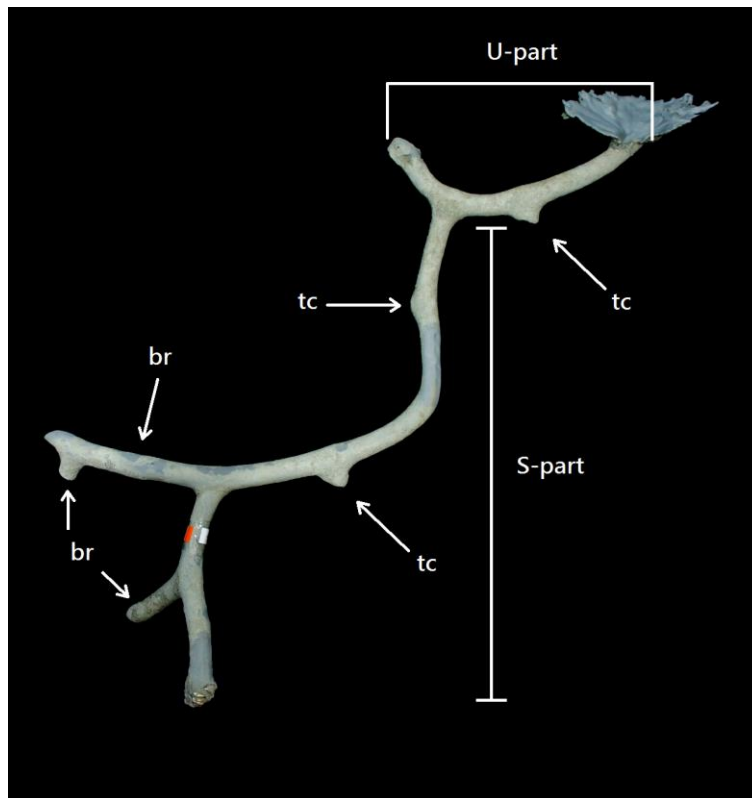


圖 4. 鳴門奧螻蛄蝦之洞穴結構：U 型部(U-part)、shaft 部(S-part)、迴轉室(turning chamber, tc)、側支(side branch, br)

Fig. 4. Cave structure of *Austinogebia narutensis*, include U-part, S-part, turning chamber (tc) and side branch (br).

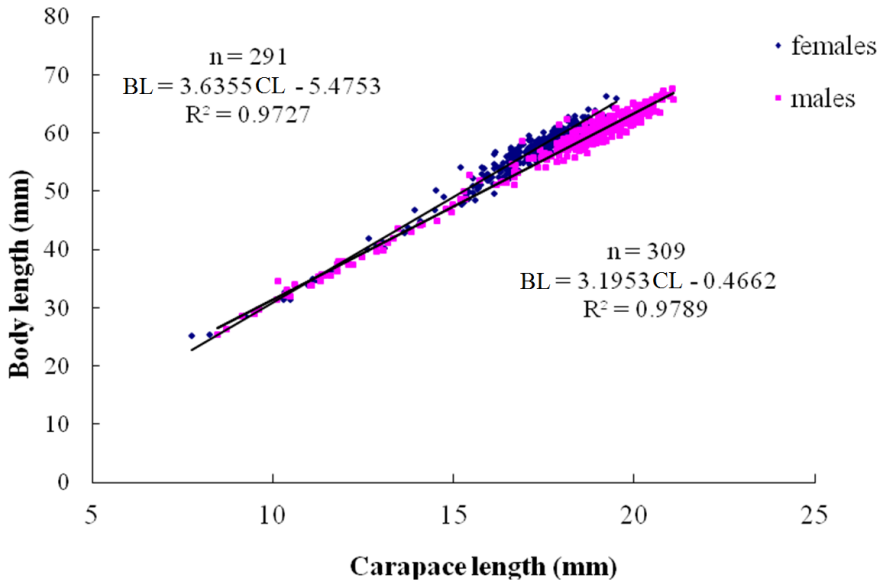


圖 5. 雌蝦和雄蝦頭胸甲長(CL)與體長(BL)之關係之比較

Fig. 5. Comparison of female and male carapace length (CL) and body length (BL).

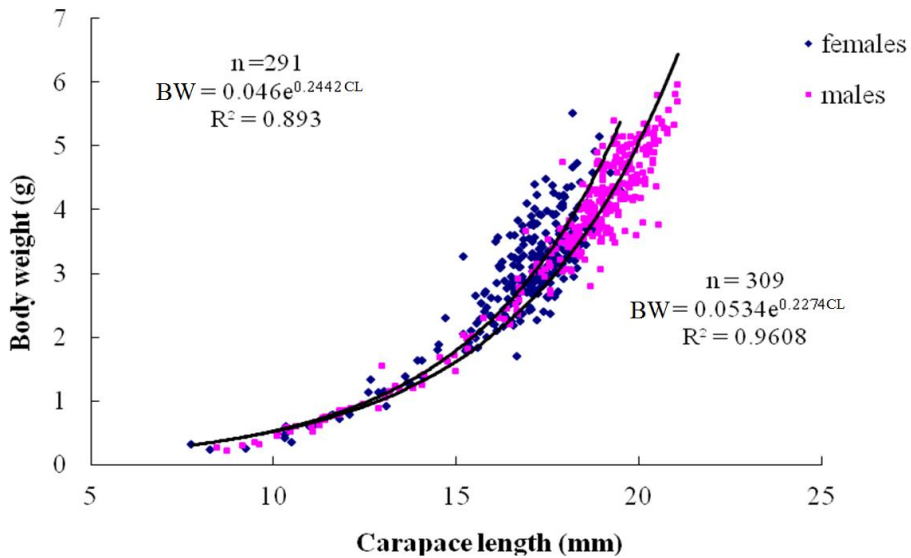


圖 6. 雌蝦和雄蝦頭胸甲長(CL)與體重(BW)之關係

Fig. 6. Comparison of female and male carapace length (CL) and body weight (BW).

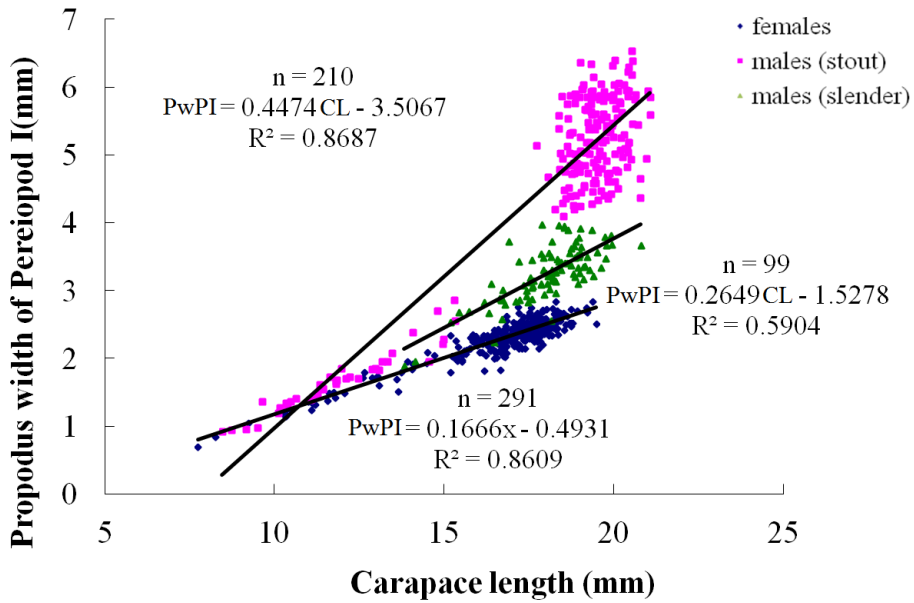


圖 7. 雌蝦、大鉗與小鉗雄蝦頭胸甲長(CL)及第一步足掌節寬(PwPI)之關係

Fig. 7. Comparison of carapace length (CL) and propodus width of pereiopod I (PwPI) of females and males with stout and slender chela.

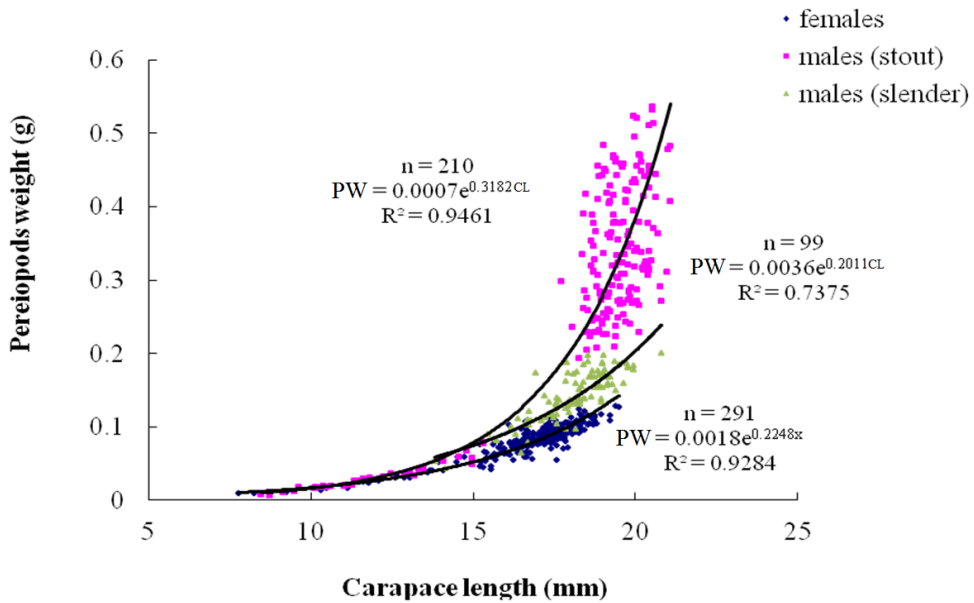


圖 8. 雌蝦、大鉗與小鉗雄蝦頭胸甲長(CL)及第一步足掌節重(PW)之關係

Fig. 8. Comparison of carapace length (CL) and pereiopods weight (PW) of females and males with stout and slender chela.

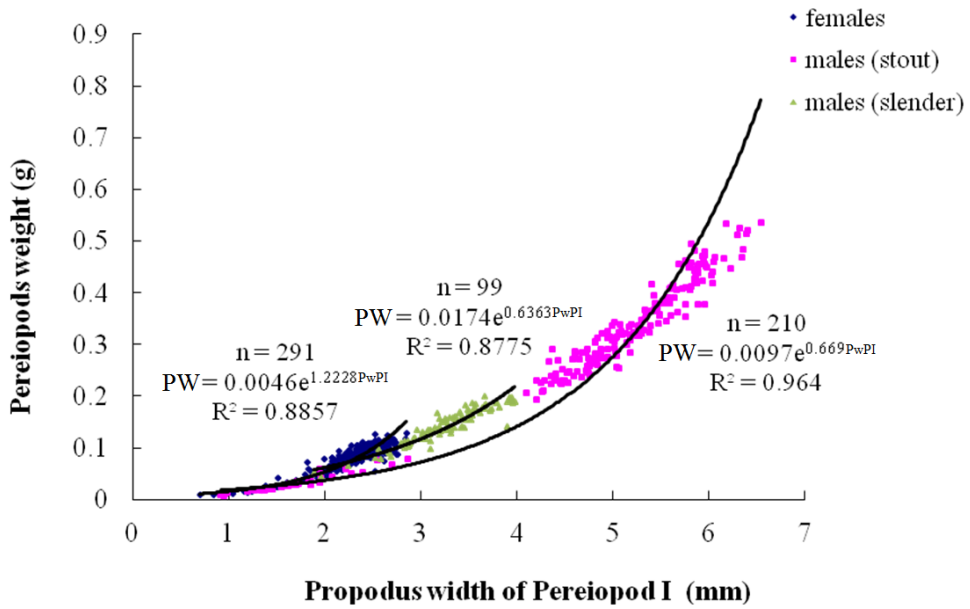


圖 9. 雌蝦、大鉗與小鉗雄蝦第一步足掌節寬(PwPI)及第一步足重(PIW)之關係

Fig. 9. Comparison of propodus width of pereiopod I (PwPI) and pereiopods weight (PIW) of females and males with stout and slender chela.

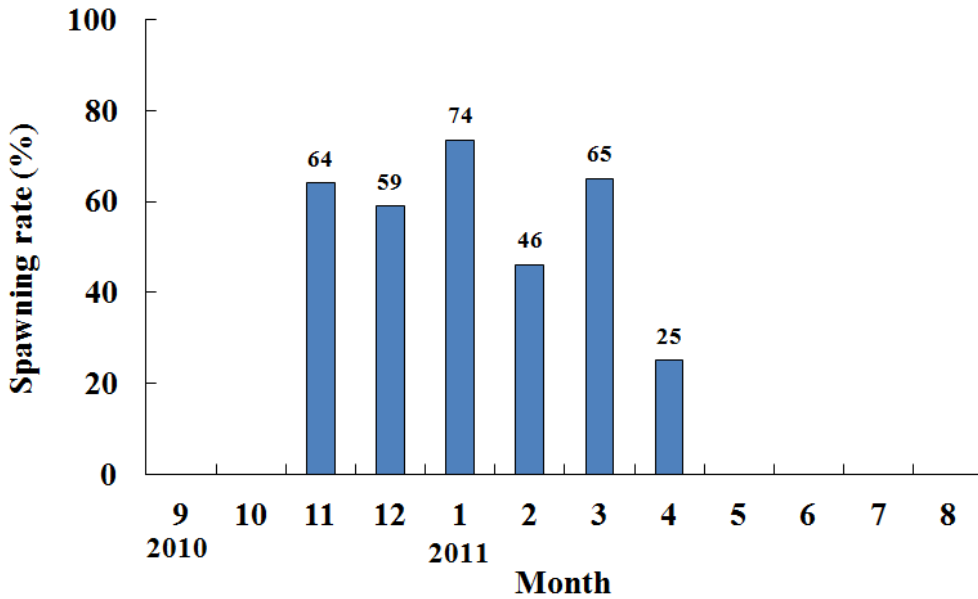


圖 10. 鳴門奧螻蛄蝦之各月份抱卵率

Fig. 10. Spawning rate on each month of *Austinogebia narutensis*.

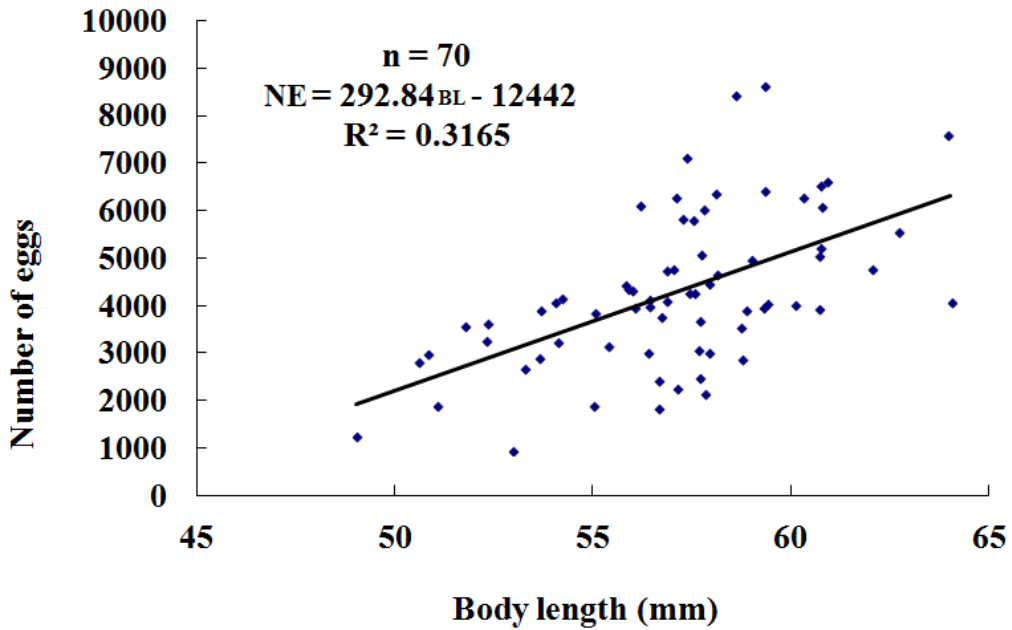


圖 11. 鳴門奧螻蛄蝦體長(BL)與抱卵數(NE)之關係

Fig. 11. Relationship between *Austinogebia narutensis* body length (BL) and number of eggs (NE).

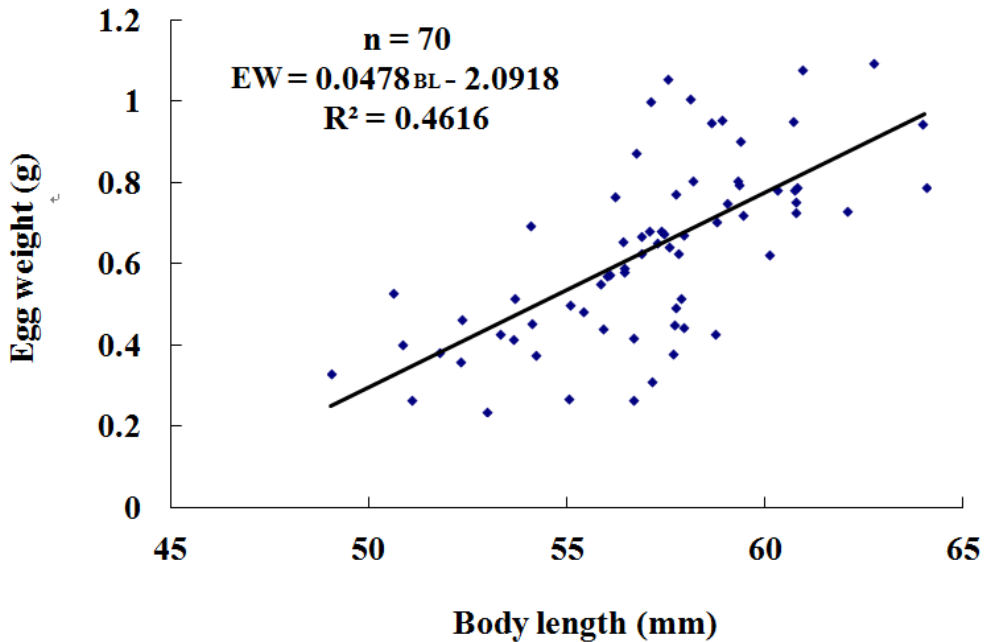


圖 12. 鳴門奧螻蛄蝦體長(BL)與卵重(EW)之關係

Fig. 12. Relationship between *Austinogebia narutensis* body length (BL) and egg weight (EW).

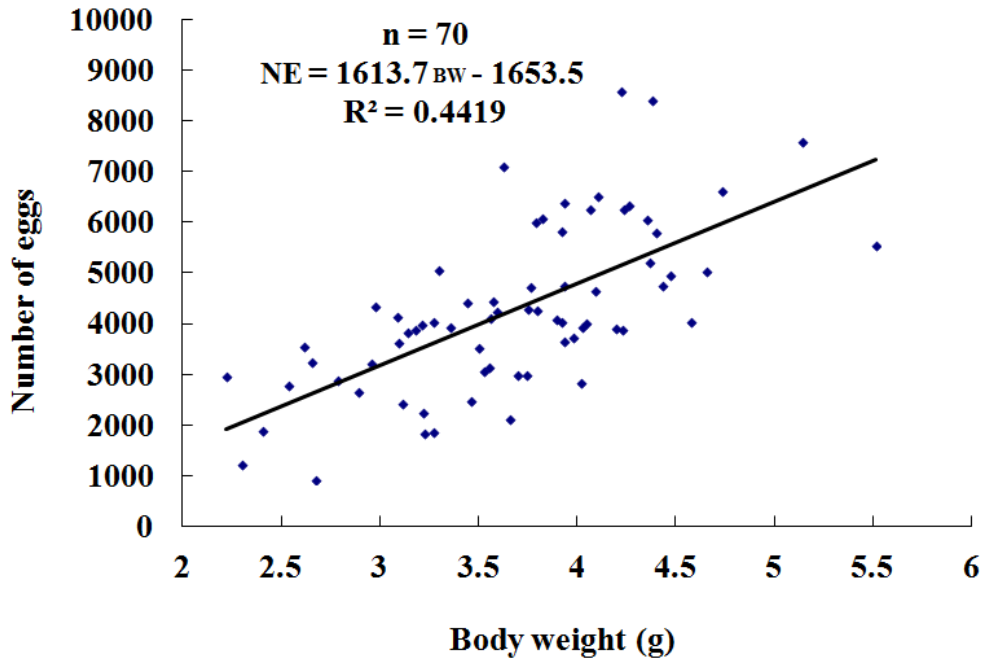


圖 13. 鳴門奧螻蛄體重(BW)與抱卵數(NE)之關係

Fig. 13. Relationship between *Austinogebia narutensis* body weight (BW) and number of eggs (NE).

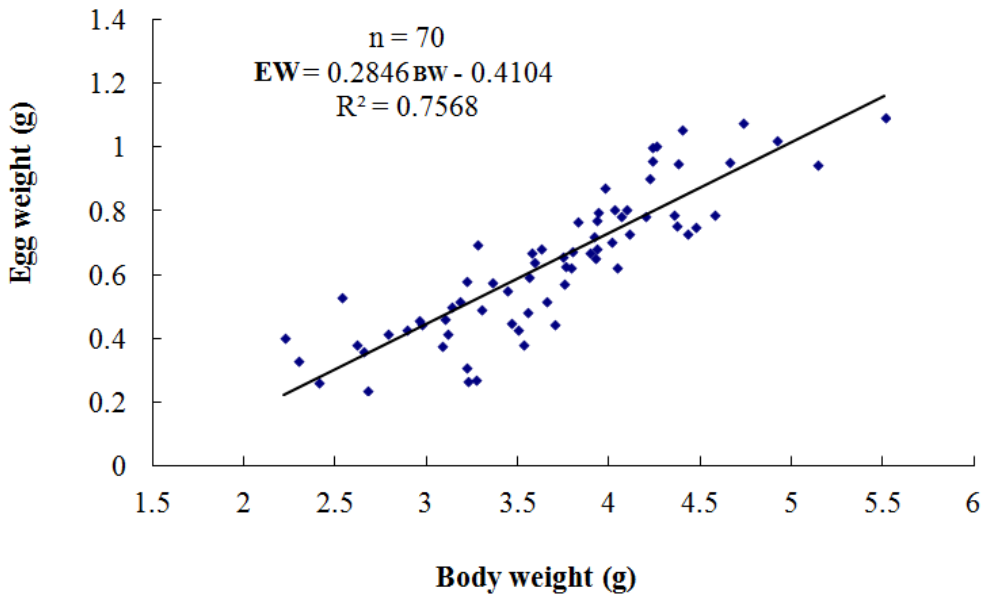


圖 14. 鳴門奧螻蛄體重(BW)與卵重(EW)之關係

Fig. 14. Relationship between *Austinogebia narutensis* body weight (BW) and egg weight (EW).

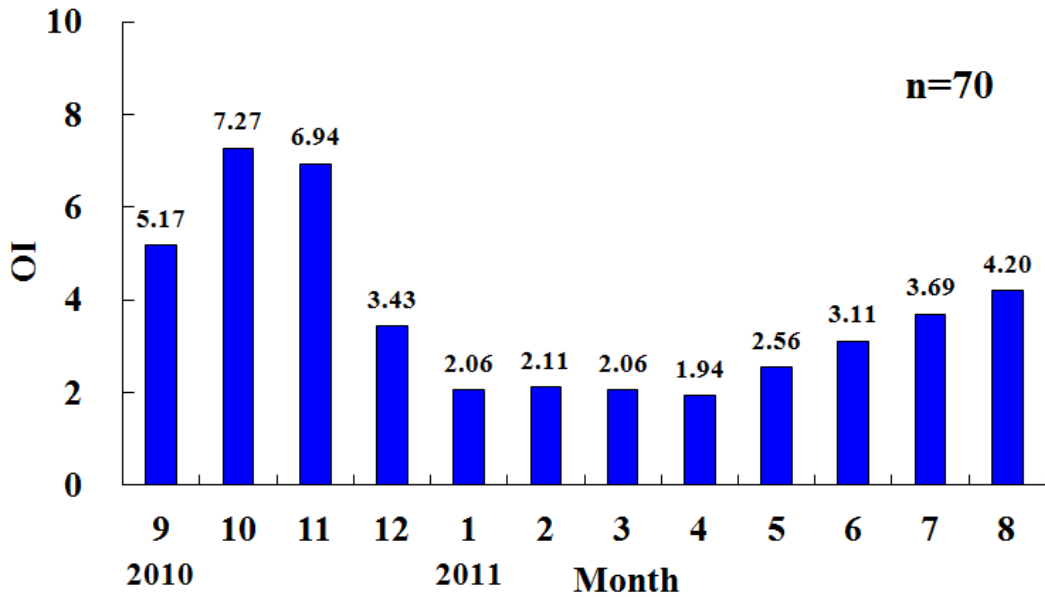


圖 15. 鳴門奧螻蛄蝦各月份卵巢發育指數(卵巢重/頭胸甲長)比較

Fig. 15. Comparison of *Austinogebia narutensis* ovarian index (OI) (ovary weight / carapace length) in each month.

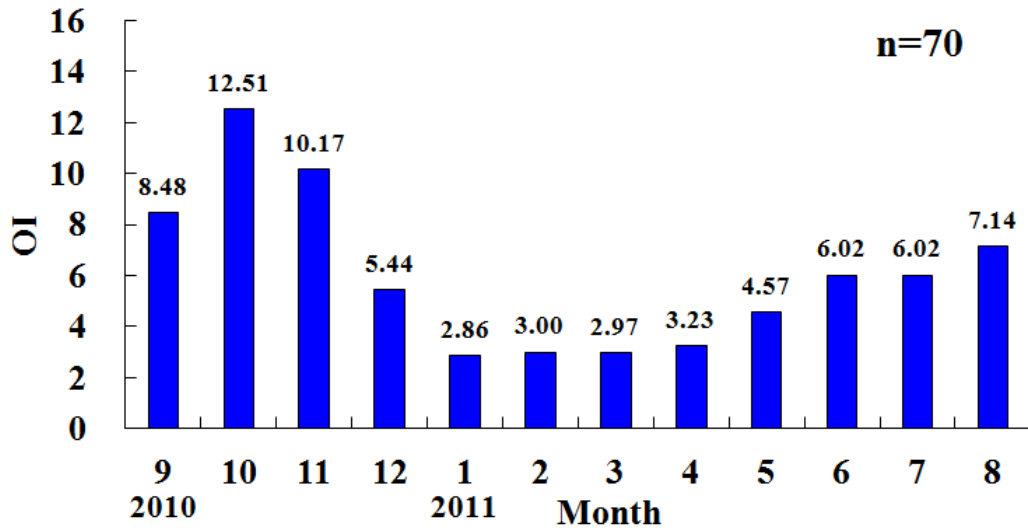


圖 16. 鳴門奧螻蛄蝦各月份卵巢發育指數(卵巢重/體重)比較

Fig. 16. Comparison of *Austinogebia narutensis* ovarian index (OI) (ovary weight / body weight) in each month.

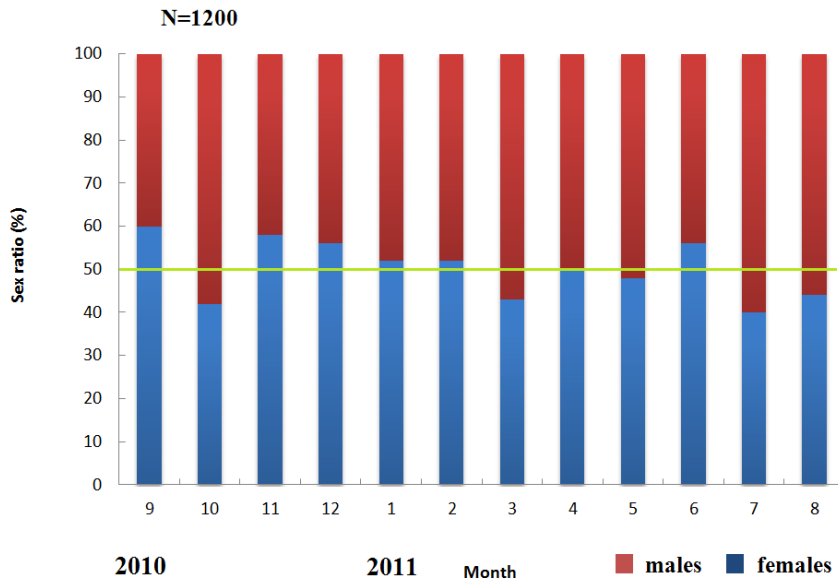


圖 17. 鳴門奧螻蛄蝦各月份性比變化情形

Fig. 17. Sex ratio of *Austinogebia narutensis* in each month.

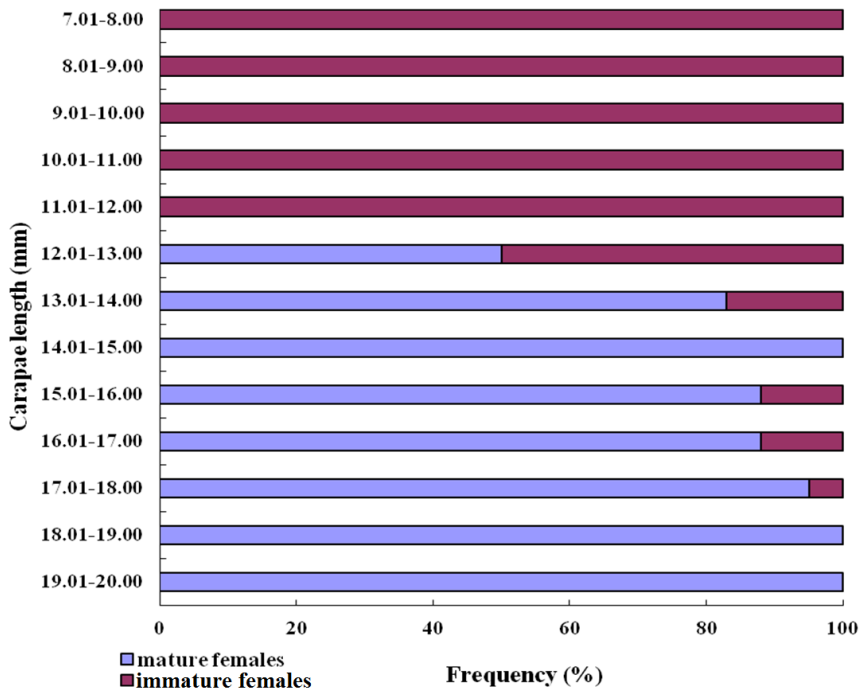


圖 18. 鳴門奧螻蛄蝦成熟雌蝦與未成熟雌蝦之比率

Fig. 18. Proportion of mature and immature females in the *Austinogebia narutensis* population.

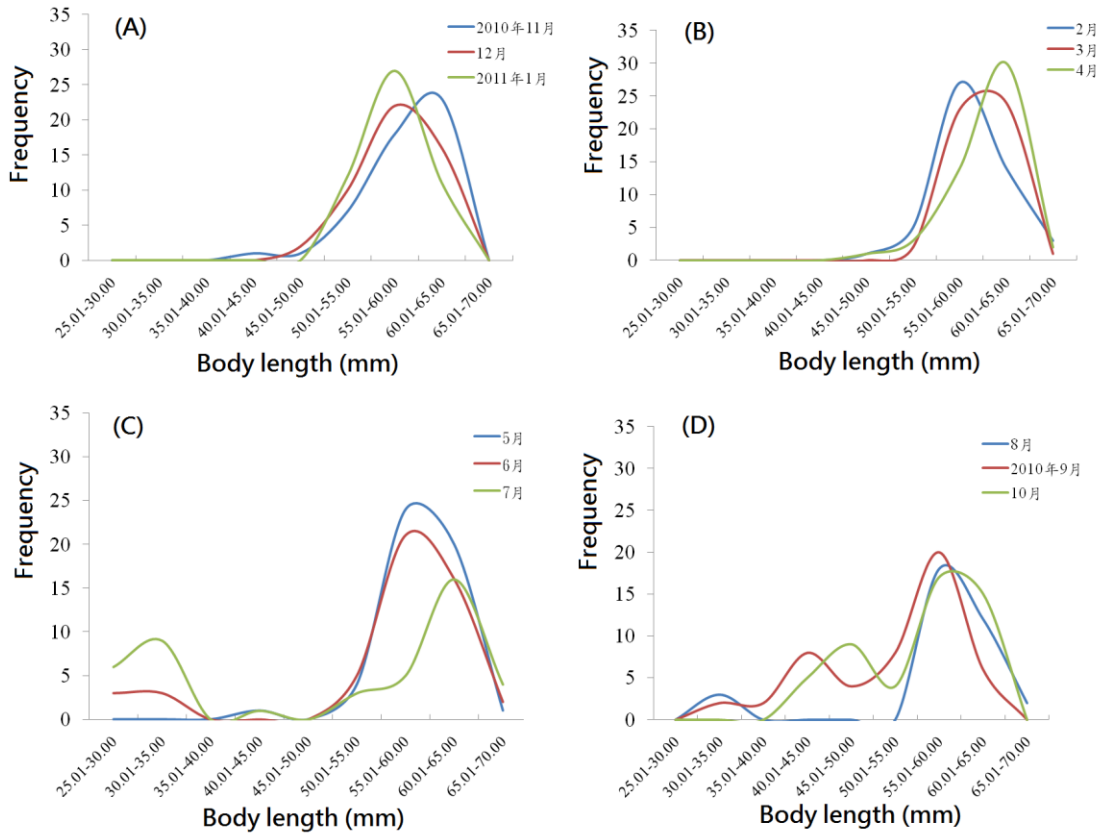


圖 19. 鳴門奧螻蛄蝦之各月份體長出現頻率

Fig. 19. Occurrence frequency of *Austinogebia narutensis* body length in each month.