

台灣生物多樣性研究

第 24 卷第四期
Vol.24 ,No.4

Taiwan Journal of Biodiversity

中華民國 111 年 10 月
Oct. 2022



● 目 錄

1. 台灣東部秀姑巒溪沼蝦屬
(*Macrobrachium*) 幼體全日上溯特性初探
陳榮宗¹ 葉明峰^{1*}
31. 合歡山農場人造林與天然林紅外線自動
相機動物相調查
姚正得¹ 張秉元^{1*} 江欣盈¹
67. 假小喙菊 (菊科): 台灣植物誌新歸化
種及新紀錄屬
鐘詩文¹ 黃偉傑¹ 蔡順達² 許天銓^{1*}

contents ●

- 1.Characteristics of all-day upstream migration of juvenile *Macrobrachium* spp. in the Hsiukuluan River, eastern Taiwan
Rung-Tsung Chen¹ and Ming-Fon Yeh^{1*}
31. Animal community survey using infrared camera trap in man-made and natural forests at Hehuanshan Farm
Cheng-Te Yao¹, Ping-Yuan Chang^{1*}, and Xin-Ying Jiang¹
67. *Launaea procumbens* (Compositae), a newly naturalized species representing a new generic record for the Flora of Taiwan.
Shih-Wen Chung¹, Wei-Jie Huang¹, Shuen-Da Tsai², and Tian-Chuan Hsu^{1*}

台灣生物多樣性研究

(原為《特有生物研究》半年刊，
2010 年元月起更名，並以季刊發行)

發行人 / 楊嘉棟

總編輯 / 薛美莉

執行編輯 / (依姓氏筆劃序)

王經文、朱汶偵、李麗華、呂明倫
林春富、柯智仁、陳志輝、黃書彥
楊正雄、詹芳澤、鄭錫奇、蔡奇立

編輯諮詢委員 / (依姓氏筆劃序)

于宏燦、方力行、王 穎、王震哲
王 鑫、呂光洋、呂福原、李玲玲
汪靜明、周昌弘、吳忠宏、吳錫圭
吳繼光、邵廣昭、林幸助、林曜松
郭城孟、陳明義、陳章波、許建昌
張清風、黃 生、游祥平、楊平世
楊政川、廖一久、裴家騏、趙榮台
劉小如、蔡住發、鄭蕙燕、歐辰雄
蔣鎮宇

英文編輯 / 金恆鏞

出版編輯 / 王經文

出版 / 農委會特有生物研究保育中心

住址 / 南投縣集集鎮 55244 民生東路 1 號

電話 / 049-2761331 轉 616

網址 / <http://www.tesri.gov.tw>

美編 / 黃淑芬

出版日期 / 中華民國 111 年 10 月

創刊日期 / 中華民國 88 年元月

出版登記 / 局版台誌第 10207 號

Taiwan Journal of Biodiversity

(Continuation of former journal of
"Endemic Species Research", 1999-2009)

Publisher/Jia-Dong Yang

Editor-in-chief/Mei-Li Hsueh

Executive Editors/

Ching-Wen Wang

Li-Hua Lee,

Chun-Fu Lin,

Chih-Hui Chen,

Cheng-Hsiung Yang,

Hsi-Chi Cheng,

Wen-Chen Chu

Ming-Lun Lu,

Chie-Jen Ko,

Shu-Yen Huang

Fang-Tse Chan,

Chi-Li Tsai,

Editorial Board/

Hon-Tsen Yu,

Ying Wang,

Shin Wang,

Fu-Yuan Lue,

Ching-Ming Wang,

Homer C. Wu,

Chi-Guang Wu,

Hsing-Juh Lin,

Chen-Meng Kuo,

Chang-Po Chen,

Ching-Fong Chang,

Hsiang-Ping Yu,

Jeng-Chuan Yang,

Kurtis Jai-Chyi

Lucia Liu Severinghaus,

Huei-Yann Joann Jeng,

Tzen-Yuh Chiang

Lee-Shing Fang,

Jenn-Che Wang,

Kuang-Yang Lue,

Ling-Ling Lee,

Chang-Hung Chou,

Shi-Kuei Wu,

Kwang-Tsao Shao,

Yao-Sung Lin,

Ming-Yih Chen,

Chien-Chang Hsu,

Shong Huang,

Ping-Shish Yang,

I-Chiu Liao,

Jung-Tai Chao,

Chu-Fa Tsai,

Chern-Hsiung Ou,

English Editors/Hen-Biau King,

Publishing Editors/Ching Wen Wang

Published by Endemic Species Research Institute

1 Min-Sheng E. Road, Jiji, Nantou 55244,

Taiwan, R.O.C.

Tel: 886-49-2761331 ext. 616

<http://tesri.tesri.gov.tw>

Published Date: September 2022

GPN: 2009900002

ISSN: 2076-6971

台灣東部秀姑巒溪沼蝦屬 (*Macrobrachium*) 幼體全日上溯特性初探 Characteristics of all-day upstream migration of juvenile *Macrobrachium* spp. in the Hsiukuluan River, eastern Taiwan

陳榮宗¹ 葉明峰^{1*}

Rung-Tsung Chen¹ and Ming-Fon Yeh^{1*}

¹ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 552 南投縣集集鎮民生東路 1 號

¹ Endemic Species Research Institute, No. 1, Ming-shen East Road, Jiji, Nantou 552, Taiwan

* 通訊作者 e-mail: Yeh@tesri.gov.tw

*Corresponding author e-mail: Yeh@tesri.gov.tw

摘要

台灣的淡水沼蝦絕大部分是兩側洄游型，其中除大和沼蝦 (*Macrobrachium japonicum*, de Haan, 1849) 有初步的上溯洄游之研究發表外，餘物種仍尚待探討。本研究於 2007 年 4 月至 2009 年 7 月在秀姑巒溪，利用改良式的採樣設備，採集沼蝦幼體，探討其全日之上溯特性。共採獲 10 種沼蝦 653 隻個體 (其中沼蝦幼體為 586 隻)，分別為大和沼蝦 (*M. japonicum*)、南海沼蝦 (*M. austral*)、台灣沼蝦 (*M. formosense*)、寬掌沼蝦 (*M. lepidactyloides*)、熱帶沼蝦 (*M. placidulum*)、貪食沼蝦 (*M. lar*)、闊指沼蝦 (*M. latidactylus*)、日本沼蝦 (*M. nipponense*)、毛指沼蝦 (*M. jaroense*) 及短腕沼蝦 (*M. latimanus*)。結果顯示，沼蝦幼體上溯最高峰時段為

上半夜 (19:40-23:40)，其次為下半夜 (23:40-03:40)，白天 2 個時段 07:40-11:40 及 11:40-15:40 僅有個位數上溯個體。依不同物種上溯月份及水溫高低，大致可分成 3 種類型：第 1 種為全年型，即大和沼蝦幾乎全年皆有；第 2 種為高溫型，包括南海沼蝦、台灣沼蝦、熱帶沼蝦、貪食沼蝦、闊指沼蝦、毛指沼蝦及短腕沼蝦；第 3 種為低溫型，包括寬掌沼蝦及日本沼蝦。本研究之初步成果將有助於未來各種沼蝦之上溯研究，尤其台灣大部分的沼蝦物種仍待釐清其洄游特性。

關鍵詞：兩側洄游、沼蝦屬、上溯、秀姑巒溪、台灣

Abstract

Freshwater prawns in Taiwan are mostly amphidromous. A preliminary upstream migration study on *Macrobrachium japonicum* (de Haan, 1849) was published, but the remaining species are still to be discussed. In this study, improved sampling equipment was used to collect *Macrobrachium* juveniles in the Hsiukuluan River from April 2007 to July 2009 to investigate their all-day upstream migration characteristics. A total of 653 individuals, including 576 juveniles, of 10 *Macrobrachium* species were collected, specifically *M. japonicum*, *M. austral*, *M. formosense*, *M. lepidactyloides*, *M. placidulum*, *M. lar*, *M. latidactylus*, *M. nipponense*, *M. jaroense*, and *M. latimanus*. The results showed that the peak period of juveniles migrating upstream occurred in the early night (19:40-23:40), followed by the second half of the night (23:40-03:40). There were fewer than 10 upward tracking individuals in the two periods of 07:40-11:40 and 11:40-15:40 in the day. Three types can be roughly categorized according to the different months of upstream migration and water temperature. First is the annual type, that is, *M. japonicum* occurred almost all year round; the second is the high temperature type, including *M. austral*, *M. formosense*, *M. placidulum*, *M. lar*, *M. latidactylus*, *M. jaroense*, and *M. latimanus*; the third is the low-temperature type, including *M. lepidactyloides* and

M. nipponense. The results of this research will be helpful for future studies of various *Macrobrachium* species, especially the migration characteristics of most of the *Macrobrachium* species that have yet to be clarified in Taiwan.

Keywords: Amphidromous, *Macrobrachium*, upstream migration, Hsiukuluan River, Taiwan

緒言

探討動物洄游行為 (migratory behavior) 的機制及功能，除有助於瞭解其演化歷程外，也能提供物種在現今環境快速變遷的情況下，有關保育策略的重要的參考 (Hongjamrassilp *et al.* 2021)。透由研究不同動物類群的遷徙型態 (movement patterns)，可以釐清遷徙對族群、物種演化及生物多樣性的影響 (Holyoak *et al.* 2008; Duckworth, 2009; Hongjamrassilp *et al.* 2021)。許多甲殼類在生活史某些階段會進行大量的洄游 (Bauer, 2011a, 2011b)，而該類群之生活史極端多樣性，有關驅動洄游的因子或導引洄游方向的感知等機制，仍待投入更多深入的研究 (Benvenuto *et al.* 2015)。

源自於海洋的沼蝦屬經長期逐步

地侵入淡水域後，各自進行不同程度淡水化 (freshwaterization) 的演化，產生不同滲透壓調節能力，包括海水、淡水及半淡鹹水等環境，都有沼蝦的存在 (Jalihal *et al.* 1993)。也因此其洄游生活史中的各個階段，包括繁殖期、幼苗期、成長或上溯期之時間空間分布情形，皆呈現不同的型態或有區隔情形。淡水沼蝦 (*Macrobrachium*; Spence Bate, 1868) 通常會在具鹽分的水域環境下孵化幼苗，幼苗在河口或沿岸地區變態成長後，會回溯河川繼續成長，整個生活史涵蓋了淡水、半淡鹹水及鹹水環境 (Albertoni *et al.* 1999)。沼蝦屬蝦苗在經過變態成長剛成為底棲時，必須儘速找到河口並開始逐步上溯到成體的棲息地 (Bauer 2011; 2013)；為了躲開被獵捕的風險，

通常會選擇在夜晚進行上溯 (Ibrahim 1962; Hamano and Hayashi 1992; Benstead *et al.* 1999; Bauer and Delahoussey 2008; Kikkert *et al.* 2009; Bauer 2011)。

沼蝦蝦苗或幼體的種類鑑定，通常必須進行幼苗變態成長試驗，而台灣的淡水沼蝦已完成幼苗變態研究的，包括粗糙沼蝦 (*M. asperulum*)、等齒沼蝦 (*M. equidense*)、絨掌沼蝦 (*M. esculentum*)、台灣沼蝦 (*M. formosense*)、日本沼蝦 (*M. nipponense*)、貪食沼蝦 (*M. lar*)、細額沼蝦 (*M. gracilirostre*)、刺足沼蝦 (*M. spinipes*) 等 8 種原生種及外來種羅氏沼蝦 (*M. rosenbergii*) (Kwon and Yutaka 1969; Atkinson 1977; 林等 1988; 施等 1990; 鄒等 1990; 施 1994; 游 2000; 趙 2000; 施及王 2017; 葉等 2020a、2020b)，餘尚有 9 種台灣原生種淡水沼蝦尚無幼苗之變態成長試驗。除了藉由幼苗變態成長試驗，進行各種沼蝦之後期蝦苗 (post larvae) 及幼體 (juvenile) 之種類鑑定之外，陳等 (2021) 也以細胞核內核醣體之 28S rDNA 序列為輔，配合外觀特

徵對沼蝦幼體樣本進行物種鑑定，獲致可信的鑑定結果。細胞核內核醣體之 28S rDNA (28S) 已經廣泛地被運用於甲殼類的親緣關係的研究 (Crandall *et al.* 2000; Shull *et al.* 2005; Chen *et al.* 2009)。28S gene 演化速率近似或慢於 16S gene (Fetzner and Crandall 2001)，然而在淡水沼蝦的應用上，28S gene 比 16S gene 更具歧異度及更大的基因距離，也具較高的 transition/transversion (ts/tv) 比值及較低的 α -values (gamma distributions)，不易造成物種間親緣關係上的 convergence，因此 28S gene 在沼蝦分子親緣關係上的探討是很適當的工具之一 (Chen *et al.* 2009)。

秀姑巒溪 (Hsiukulan River) 為台灣東部第一大的河川，全長約 104km，有 4 條主要的支流 (林 2001)，主流水量豐沛終年不斷且無攔砂壩或水庫等人工水泥構造物，從以前就是洄游生物 (包括白鰻、鱸鰻、鰕虎類、字紋弓蟹、台灣扁絨螯蟹及淡水蝦等) 豐富的流域，也是相關研究最重要的採樣區域 (曾等 2000; 曾

2002)。依據施 (1994)、曾 (2002)、陳 (2003; 2004)、李等 (2003) 及 Chen *et al.* (2010) 的研究在該水域共發現有 14 種淡水沼蝦，在台灣原生的 17 種淡水沼蝦中，秀姑巒溪沼蝦物種數就佔有 82%，可說是台灣淡水沼蝦物種數最豐富的溪流，加上棲地較少人為破壞干擾，相當適合進行洄游試驗研究。台灣目前已知的淡水沼蝦種類，包括 1 種外來種 (*M. rosenbergii*) 共計 18 種 (施 1994; 施及游 1998; Cai and Jeng 2001; Chen *et al.* 2010; Shy *et al.* 2013; 陳等, 2021) 且大都為兩側洄游型 (Hwang and Yu 1982; Shy and Yu 1998; Cai and Jeng 2001; Cai and Shokita 2006; Chen *et al.* 2010; 陳等, 2021)。曾等 (2000; 2002) 曾經對秀姑巒溪之淡水沼蝦之幼蝦上溯情形有些許探討，惟台灣洄游性的淡水沼蝦其幼體之上溯情形，包括季節、時段、種類、數量變化及繁殖降海等研究十分闕如，皆僅止於野外觀察的推測。直到陳等 (2021) 針對台灣東部秀姑巒溪大和沼蝦 (*M. japonicum*) 幼體全日上溯特性有了初步探討。其 24 小時的

試驗結果顯示大和沼蝦全日主要有 2 個上溯時段，最高峰時段為下半夜至清晨 (03:40-07:40)，其次為午後近黃昏至初夜 (15:40-19:40)。

本研究亦針對秀姑巒溪的淡水沼蝦，在不同季節、全日不同時段，其幼體上溯之種類及數量變化情形，初步探討其洄游上溯的特性；將有助於未來各種沼蝦洄游之相關研究，尤其台灣大部分的沼蝦物種仍待釐清其洄游特性。

材料與方法

採樣地點及時間

於台灣東部秀姑巒溪之河口進行淡水沼蝦之上溯幼體採集 (如圖 1; 陳等, 2021)，採樣時間為 2007 年 4 月至 2009 年 9 月，每個月進行 1 次試驗採集。依據相關文獻 (Bauer 2011 and 2013; 陳等, 2021) 沼蝦幼體上溯主要發生在黃昏至清晨，而大量發生時在白天也可見幼體沿著河岸濱水之岩塊上溯，因此本研究為初步探討沼蝦屬物種主要的可能上溯時段，僅就全日分 6 時段為整體採集時間分隔之設計。以 A 時段 (15:40-19:40) 涵蓋

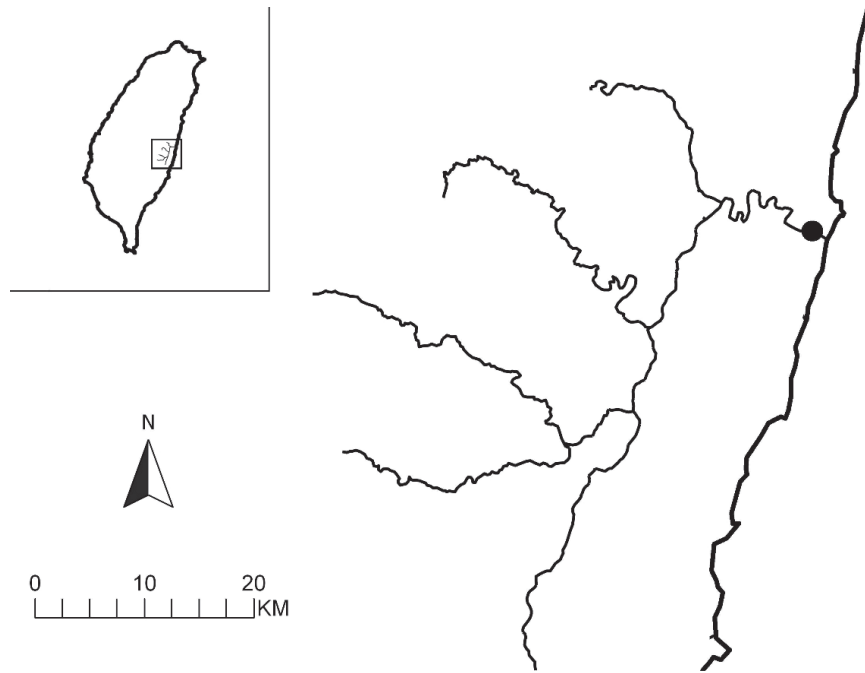


圖 1. 採集設施之位置圖 (黑色實心)，位於台灣東部秀姑巒溪 (陳等 2021)。

Fig. 1. Map of the Hsiukuluan River, located in eastern Taiwan. The solid circle indicates the position of fishway trap (Chen et al. 2021)

下午近黃昏至初夜為起始時段，將全日 24 小時每隔 4 小時共 6 個時段，包括 A(15:40-19:40)、B(19:40-23:40)、C(23:40-03:40)、D(03:40-07:40)、E(07:40-11:40) 及 F(11:40-15:40) 等進行樣本蒐集。每個時段結束時會立即取出採樣設施末端之樣本蒐集桶 (如圖 2 所示) 並隨即裝上空空的蒐集桶，以避免採樣時段中斷或因空窗期造成樣本流失。比如 A 時段會在 19:40 時取下蒐集桶，同時隨即換上新的蒐集桶，因此在 19:40 取下蒐集桶時，其

內樣本即屬 A 時段所採獲，而隨即所換上的新的蒐集桶所採之樣本則屬 B 時段所採的樣本，餘時段亦依此原則操作及區別。

每月份至採樣地點設置採樣設施時，因當日完成設置時間不定，惟皆會在下午 15:40 前設置完成。為統一採集起始時間，因此設定 A 時段 15:40 起為試驗採集的起始時間並同時換上新的蒐集桶。然為利後續的分析比較，將採樣設施設置完成後至 A 時段起始時間 (15:40) 之前所採獲的沼蝦

個體 (包含幼體 10 隻、成體 12 隻)，不列入 6 個時段的分析比較。

採樣設施

本研究之採樣設備係依陳等 (2021)，於同樣地點進行沼蝦幼體上溯採集的相同設施，該設施經試驗採獲幼體占比約 94%，十分適合上溯試驗之採樣工具。設施構造為參照當地原著民傳統採捕魚蝦幼體之魚道陷阱，加以改良修正，其外觀及各部組件如圖 2 所示。其各部主要組件可分成主魚道、導引道及蒐集桶等三個部分 (如圖 2 之 B 所示；現場實照如圖 3)。其中主魚道長 1.5m，放置於河道之橫斷面，其上方藉由水流經過形成小型瀑布，以引誘上溯之沼蝦幼體爬入底部之溝渠並順流至右側之導引道。導引道之外觀如圖 2 之 C 所示，與主魚道以 45 度角相連結，形成另一側的小型瀑布，導引及蒐集沼蝦幼體進入末端之蒐集桶 (陳等，2021)。

採樣設置地點位於河口上溯 2km 處，多次檢測河水鹽度皆為零，為非感潮帶。設置時會在主河道之河床上選擇一段約 50m 之小分流，於該分流

旁另人工挖掘長約 20m、寬 1.5m、深 25cm 之次分流，陷阱即設置在該 2 分流近匯合處之上方 5m (如圖 2 之 A 所示)。

環境因子蒐集

以 Flo-Mate™ Model 2100 流速計測量流速 (公分 / 秒；cm/s) 及水深 (公分；cm)。於採樣同時以手提式微電腦多功能水質測試儀 (Multi 340i) 測量酸鹼值 (pH)、溶氧量 (毫克 / 公升；mg/l)、導電度 (us/cm)、濁度 (NTU)、氣溫 (°C) 及水溫 (°C) 等資料。

測量及幼體鑑定

野外所採集之標本以 95% 酒精保存帶回。鑑定分類成體及幼體，記錄種類、頭胸甲長頻度變化及額齒。本研究之頭胸甲長 (CL) 為從眼窩後緣量測至頭胸甲末端，使用 Mitutoyo 電子游標尺，以公厘 (mm) 為單位，量測至小數點以下一位數。依頭胸甲長訂定各組距共 12 組，分別為 1-2 (CL ≤ 2.0mm)、2-3 (2.0 mm < CL ≤ 3.0 mm)、3-4 (3.0 mm < CL ≤ 4.0 mm)、4-5 (4.0 mm < CL ≤ 5.0 mm)、

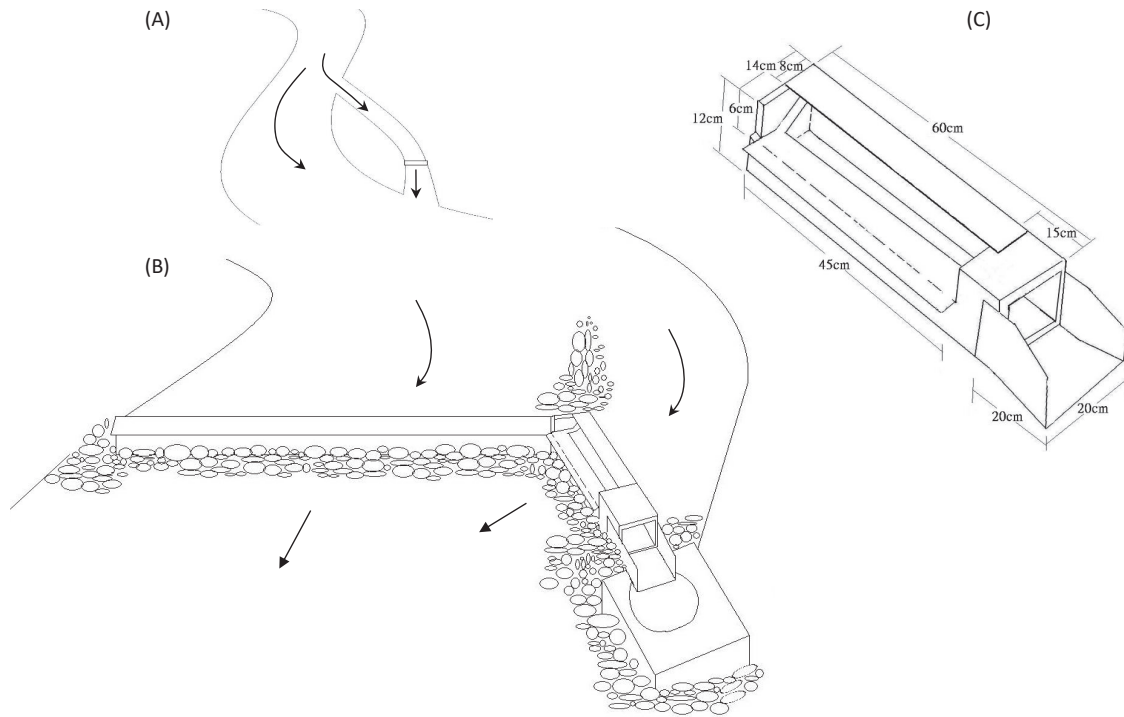


圖 2. 採集設施圖：(A) 人工挖掘長約 20m、寬 1.5m、深 25cm 之次分流，陷阱即設置在該 2 分流近匯合處之上方 5m；(B) 組件可分成主魚道、導引道及蒐集桶等三個部分；(C) 導引道之外觀。箭頭表示水流的方向 (陳等 2021)。

Fig. 2. The fishway for collecting *Macrobrachium* spp. (A) The location of the fishway trap and an artificial water channel of about 20 m long, 1.5 m wide and 25 cm deep on the beach of the inner curvature; (B) The arrangement of elements for consisting fishway trap; (C) The detail structure of the main part of trap. Arrows indicate the direction of water flow (Chen et al. 2021).



圖 3. 採集設施之現場實照 (陳等 2021)。

Fig. 3. A picture of fishway trap (Chen et al. 2021).

5-6 (5.0 mm < CL ≤ 6.0 mm)、
 6-7 (6.0 mm < CL ≤ 7.0 mm)、
 7-8 (7.0 mm < CL ≤ 8.0 mm)、
 8-10 (8.0 mm < CL ≤ 10.0 mm)、
 10-15 (10.0 mm < CL ≤ 15.0 mm)、
 15-20 (15.0 mm < CL ≤ 20.0 mm)、
 20-25 (20.0 mm < CL ≤ 25.0 mm) 及
 25-30 (25.0 mm < CL ≤ 30.0 mm)。

外觀特徵及幼體變態成長之變化為沼蝦幼體之主要分類依據，其中額角之額齒多寡及型式為分類之重要特徵。本研究依據前人之相關研究 (Kwon and Yutaka 1969; Atkinson 1977; 林等 1988; 施等 1990; 鄒等 1990; 施 1994; 游 2000; 趙 2000; 施及王 2017; 葉等 2020a、2020b; Chen *et al.* 2021) 為沼蝦幼體之分類依據。本研究稱幼體 (juvenile) 係指剛完成浮游期變態為底棲之 post-larvae 及尚未性成熟之個體，其頭胸甲長在 ≤ 7mm 以下 (Bauer and Delahoussaye 2008)。

統計分析

以統計軟體進行聚類分析 (Cluster analysis)，Sigmaplot 12 軟體進行相關繪圖，並以線性迴歸探討環境因子

與沼蝦幼體上溯之相關性。集群分析，第一階段採用階層聚類分析 (Hierarchical Cluster Analysis)，並以較常用之聚合方法華德法 (Ward's method) 作分群，決定群組個數；第二階段再運用 K 平均數聚類分析法 (K-Means Cluster Analysis)。

結果與討論

日上溯分析

經鑑定分類後，全部共採獲 10 種沼蝦 653 隻個體 (包含各月份 A 時段 15:40 之前所採獲的個體共 22 隻，其中頭胸甲長 ≤ 7mm 的幼體有 10 隻，成體有 12 隻)，分別為大和沼蝦 (*M. japonicum*)、南海沼蝦 (*M. austral*)、台灣沼蝦 (*M. formosense*)、寬掌沼蝦 (*M. lepidactyloides*)、熱帶沼蝦 (*M. placidulum*)、貪食沼蝦 (*M. lar*)、闊指沼蝦 (*M. latidactylus*)、日本沼蝦 (*M. nipponense*)、毛指沼蝦 (*M. jaroense*) 及短腕沼蝦 (*M. latimanus*)。其中 54.21% 為大和沼蝦，其次為南海沼蝦 23.89%，台灣沼蝦 9.8%；從 5 月份至 9 月份是數量最多的期間，以 9 月份數量最多，其他各月為零星分布，如表 1、圖 4

表 1. 秀姑巒溪所採 10 種沼蝦種類別及月別頻度和百分比 (2007 年 4 月至 2009 年 7 月；包含各月份 A 時段 15:40 之前所採獲的個體共 22 隻，其中頭胸甲長 $\leq 7\text{mm}$ 的幼體有 10 隻，成體有 12 隻)

Table 1. The percentages and frequency distributions of 10 *Macrobrachium* spp. collected from the Hsiukuluan River in different months, April 2007 to July 2009. (A total of 22 individuals were collected before 15:40 in the A period of each month, including 10 juveniles with a carapace length $\leq 7\text{mm}$ and 12 adults.)

Species	Months												Total number	Ratio (%)
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
<i>M. japonicum</i>	6	3	5	9	57	19	41	12	185	6	7	4	354	54.21
<i>M. australe</i>	2		2	9	24	30	47		39		1	2	156	23.89
<i>M. formosense</i>					11	3	13	2	32			3	64	9.80
<i>M. lepidactyloides</i>			1	4	6				3	4	2	9	29	4.44
<i>M. placidulum</i>		1		2	10		1		4				18	2.76
<i>M. lar</i>									9				9	1.38
<i>M. latidactylus</i>						5	2		1				8	1.23
<i>M. nipponense</i>	1	1	1	1	1		1					1	7	1.07
<i>M. jaroense</i>					3				1				4	0.61
<i>M. latimanus</i>									4				4	0.61
Total number	9	5	9	25	112	57	105	14	278	10	10	19	653	100

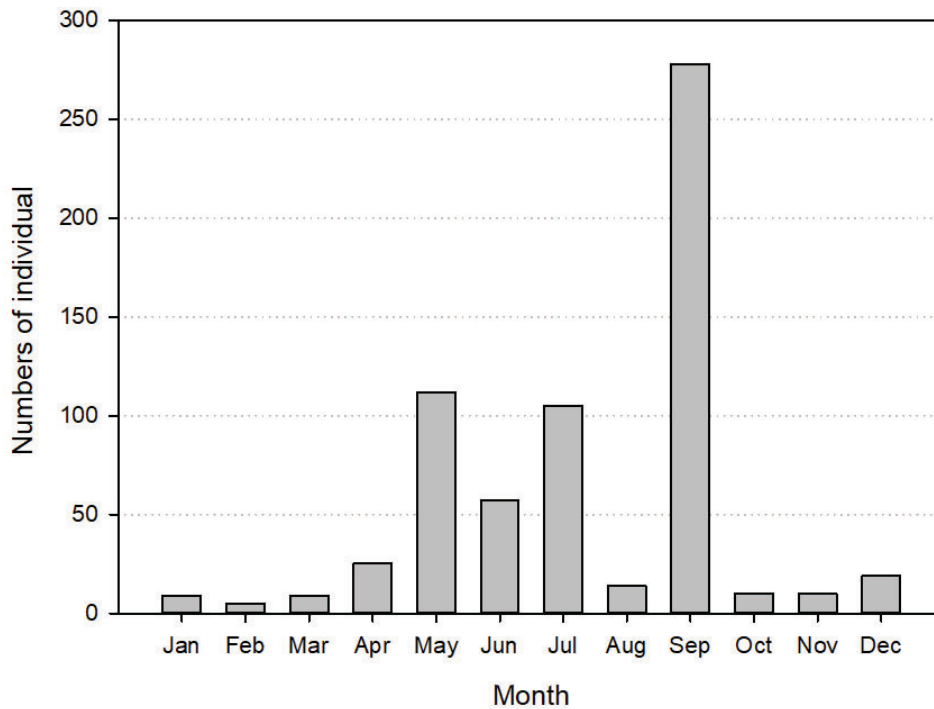


圖 4. 各月份沼蝦總採集隻數的月別頻度。

Fig. 4. Frequency distributions of total individual of *Macrobrachium* spp. collected from different months.

表 2. 秀姑巒溪所採 10 種沼蝦頭胸甲長之百分比及頻度分布 [2007 年 4 月至 2009 年 7 月；依頭胸甲長訂定各組距共 12 組，分別為 1-2 (CL ≤ 2.0mm)、2-3 (2.0mm < CL ≤ 3.0mm)、3-4 (3.0mm < CL ≤ 4.0mm)、4-5 (4.0mm < CL ≤ 5.0mm)、5-6 (5.0mm < CL ≤ 6.0mm)、6-7 (6.0mm < CL ≤ 7.0mm)、7-8 (7.0mm < CL ≤ 8.0mm)、8-10 (8.0mm < CL ≤ 10.0mm)、10-15 (10.0mm < CL ≤ 15.0mm)、15-20 (15.0mm < CL ≤ 20.0mm)、20-25 (20.0mm < CL ≤ 25.0mm) 及 25-30 (25.0mm < CL ≤ 30.0mm)]。

Table 2. Frequency distributions and percentages of carapace lengths for 10 *Macrobrachium* spp. collected from the Hsiukuluan River, April 2007 to July 2009 [The individuals were separated into 12 size groups depending on the carapace lengths as follows: 1-2 (CL ≤ 2.0mm), 2-3 (2.0mm < CL ≤ 3.0mm), 3-4 (3.0mm < CL ≤ 4.0mm), 4-5 (4.0mm < CL ≤ 5.0mm), 5-6 (5.0mm < CL ≤ 6.0mm), 6-7 (6.0mm < CL ≤ 7.0mm), 7-8 (7.0mm < CL ≤ 8.0mm), 8-10 (8.0mm < CL ≤ 10.0mm), 10-15 (10.0mm < CL ≤ 15.0mm), 15-20 (15.0mm < CL ≤ 20.0mm), 20-25 (20.0mm < CL ≤ 25.0mm), and 25-30 (25.0mm < CL ≤ 30.0mm).]

Species	Carapace length (mm)												Total number
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-10	10-15	15-20	20-25	25-30	
<i>M. japonicum</i>	20	55	140	103	7	2	1	4	9	12	1	-	354
<i>M. australe</i>	1	6	18	60	41	17	3	6	4	-	-	-	156
<i>M. formosense</i>	-	3	4	15	21	7	5	2	3	4	-	-	64
<i>M. lepidactyloides</i>	-	7	13	7	1	-	-	1	-	-	-	-	29
<i>M. placidulum</i>	1	6	4	1	-	-	1	1	2	2	-	-	18
<i>M. lar</i>	-	4	1	-	3	-	-	-	-	-	-	1	9
<i>M. latidactylus</i>	-	-	-	6	1	-	-	1	-	-	-	-	8
<i>M. nipponense</i>	-	-	-	-	1	2	2	-	2	-	-	-	7
<i>M. jaroense</i>	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>M. latimanus</i>	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Total number	22	85	184	192	75	28	12	15	20	18	1	1	653
Ratio (%)	3.37	13.02	28.18	29.40	11.49	4.29	1.84	2.30	3.06	2.76	0.15	0.15	100

表 3. 秀姑巒溪所採 10 種沼蝦在 6 個不同時段之百分比及頻度分布 (A 時段：15:40-19:40、B 時段：19:40-23:40、C 時段：23:40-03:40、D 時段：03:40-07:40、E 時段：07:40-11:40、F 時段：11:40-15:40；未包含各月份 A 時段 15:40 之前所採獲的個體共 22 隻)

Table 3. Frequency distributions and percentages of six different intervals of time for collecting individuals of *Macrobrachium*. (The intervals of collecting time could be divided into six time periods; A: 15:40-19:40, B: 19:40-23:40, C: 23:40-03:40, D: 03:40-07:40, E: 07:40-11:40, F: 11:40-15:40; excluding the total of 22 individuals collected before 15:40 from the A period of each month.)

Species	The intervals of time for collecting individuals						Total number
	A	B	C	D	E	F	
<i>M. japonicum</i>	45	136	71	88	3	5	348
<i>M. australe</i>	38	61	37	12	1	-	149
<i>M. formosense</i>	16	27	11	6	1	1	62
<i>M. lepidactyloides</i>	8	8	6	4	-	-	26
<i>M. placidulum</i>	-	11	1	3	-	-	16
<i>M. lar</i>	1	4	3	1	-	-	9
<i>M. latidactylus</i>	1	3	3	-	1	-	8
<i>M. nipponense</i>	1	1	2	-	1	-	5
<i>M. jaroense</i>	-	3	-	1	-	-	4
<i>M. latimanus</i>	-	3	-	-	-	1	4
Total number	110	257	134	115	8	7	631
Ratio (%)	17.43	40.73	21.24	18.22	1.27	1.11	100

表 4. 2007 年 4 月至 2009 年 7 月所採沼蝦幼體的月別頻度 (未包含各月份 A 時段 15:40 之前所採獲的幼體 10 隻)

Table 4. Frequency distributions of *Macrobrachium* spp. juvenile in different months from April to December of 2007, January to December of 2008, and January to July of 2009. (Ten larvae collected before 15:40 in the A period of each month were not included.)

Years	Months												Total number
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
2007	-	-	-	3	18	14	26	-	273	4	1	0	339
2008	1	0	1	0	12	2	13	13	-	4	8	14	68
2009	5	3	4	7	63	36	51	-	-	-	-	-	169
Total number	6	3	5	10	93	52	90	13	273	8	9	14	576

及圖 5 所示。頭胸甲長分布 7mm 以下之幼體共 586 隻 (包含 A 時段起始時間 15:40 之前所採獲的 10 隻幼體)，共占 89.74%(586/653*100)，其中以 4-5mm(29.4%) 及 3-4mm(28.18%) 共占 57.58% 數量最多，如表 2 所示。如表 3 所示，6 個不同時段所採獲的數量，主要為 A 時段至 D 時段最多，為下午 15:40 至隔天上午 07:40，E (07:40-11:40) 及 F (11:40-15:40) 等白天時段最少，僅有個位數上溯個體 (表 3)。各物種皆以 B 時段 (19:40-23:40) 占 40.73% 最高。

表 4，從 2007 年 4 月至 2009 年 7 月所採獲之 576 隻沼蝦幼體 (未包含各月份 A 時段 15:40 之前所採獲的幼體 10 隻)，以 5 月份至 9 月份期間數量最多共占 90.45%，其中又以 9 月份數量最多占 47.40%，其他各月為零星分布。表 5，2007 年共進行 8 次採集 (該年 8 月颱風來襲)，採獲 9 種 339 隻；2008 年共進行 11 次採集 (該年 9 月颱風來襲)，採獲 7 種僅 68 隻；2009 年共進行 7 次採集，採獲 7 種 169 隻。表 6，不同物種蝦苗之各月份採獲結

果，其中大和沼蝦全年皆有，以 5 月份至 9 月份是數量最多的期間。南海沼蝦及台灣沼蝦也集中在 5 月份至 9 月份，熱帶沼蝦、貪食沼蝦、闊指沼蝦、毛指沼蝦及短腕沼蝦也僅於此期間有零星分布。寬掌沼蝦則分布在 4-6 月及 9-12 月兩段期間，日本沼蝦僅在 1 及 3 月採獲。

六個不同時段不同物種之蝦苗上溯情形如表 7 及圖 6。主要為 A 時段至 D 時段最多，為下午 15:40 至隔天上午 07:40，其中大部分物種皆以 B 時段 (19:40-23:40) 為主占 40.8% 最高，包含 9 種物種。其次為 C 時段 (23:40-03:40) 占 21.35%，E (07:40-11:40) 及 F (11:40-15:40) 等白天時段最少。沼蝦幼體頭胸甲長 ($\leq 7\text{mm}$) 分布，其中以 4-5mm(32.99%) 及 3-4mm(31.77%) 共占 64.76% 數量最多；1-2mm 幾乎集中在 C 時段。如表八及圖 8 所示。

環境因子

共檢測流速 (cm/s)、水深 (cm)、酸鹼值 (pH)、溶氧量 (mg/l)、導電度 (us/cm)、濁度 (NTU)、氣溫 (°C) 及水溫 (°C) 等 8 種環境資料。以線性迴歸

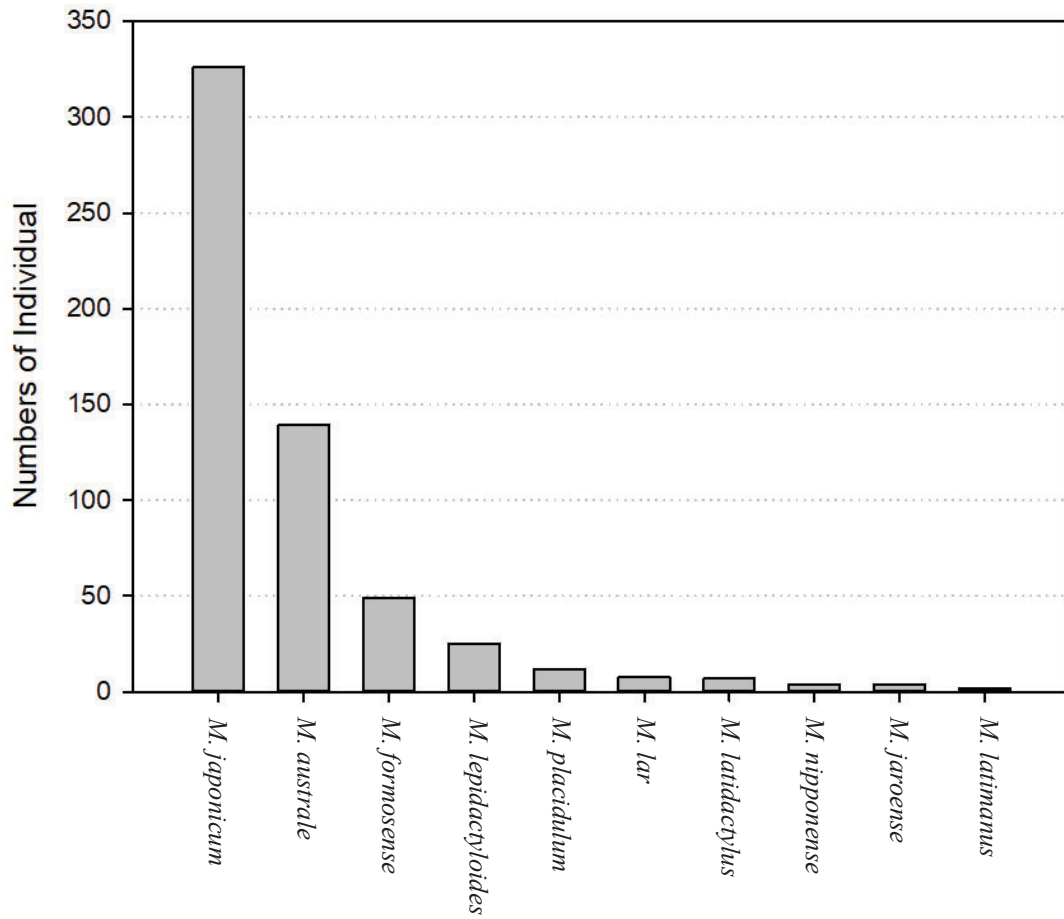


圖 5. 10 種沼蝦各別總採集隻數之頻度圖。

Fig. 5. Frequency distributions of individuals of different Macrobrachium spp.

表 5. 2007、2008 及 2009 各年所採 10 種沼蝦幼體的總隻數量

Table 5. The total numbers of different juvenile species in 2007, 2008, and 2009.

The numbers in parentheses indicate total sampling frequency in each year.

Species	Years			Total number
	2007	2008	2009	
<i>M. japonicum</i>	234	40	52	326
<i>M. australe</i>	52	3	84	139
<i>M. formosense</i>	30	4	15	49
<i>M. lepidactyloides</i>	5	14	6	25
<i>M. placidulum</i>	4	3	5	12
<i>M. lar</i>	8	-	-	8
<i>M. latidactylus</i>	1	1	5	7
<i>M. jaroense</i>	1	3	-	4
<i>M. latimanus</i>	4	-	-	4
<i>M. nipponense</i>	-	-	2	2
Total number	339(8)	68(11)	169(7)	576
Spp. number	9	7	7	-

表 6. 2007 年 4 月至 2009 年 7 月所採 10 種沼蝦幼體的月別頻度

Table 6. Frequency distributions of *Macrobrachium* spp. juvenile in different months from April 2007 to July 2009.

Species	Months												Total number
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
<i>M. japonicum</i>	5	3	1	4	50	16	36	11	184	6	7	3	326
<i>M. australe</i>	-	-	2	3	20	28	46	-	39	-	-	1	139
<i>M. formosense</i>	-	-	-	-	6	3	6	2	30	-	-	2	49
<i>M. lepidactyloides</i>	-	-	1	3	6	-	-	-	3	2	2	8	25
<i>M. placidulum</i>	-	-	-	-	8	-	1	-	3	-	-	-	12
<i>M. lar</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	8
<i>M. latidactylus</i>	-	-	-	-	-	5	1	-	1	-	-	-	7
<i>M. jaroense</i>	-	-	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	4
<i>M. latimanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4
<i>M. nipponense</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Total number	6	3	5	10	93	52	90	13	273	8	9	14	576

表 7. 沼蝦幼體在 6 個不同時段之上溯頻度分布 (幼體：頭胸甲長小於 7 公厘；A 時段：15:40-19:40、B 時段：19:40-23:40、C 時段：23:40-03:40、D 時段：03:40-07:40、E 時段：07:40-11:40、F 時段：11:40-15:40)

Table 7. Frequency distributions of upstream juvenile of *Macrobrachium* spp. in six time intervals. (Juvenile: carapace length \leq 7mm; the intervals of collecting time could be divided in six time periods; A: 15:40-19:40, B: 19:40-23:40, C: 23:40-03:40, D: 03:40-07:40, E: 07:40-11:40, F: 11:40-15:40; the numbers in parentheses indicate total species in each time periods.)

Species	Time intervals for collecting individuals						Total number
	A	B	C	D	E	F	
<i>M. japonicum</i>	41	126	70	86	1	2	326
<i>M. australe</i>	37	57	33	11	1	-	139
<i>M. formosense</i>	16	23	7	3	-	-	49
<i>M. lepidactyloides</i>	7	8	6	4	-	-	25
<i>M. placidulum</i>	-	8	1	3	-	-	12
<i>M. lar</i>	1	4	2	1	-	-	8
<i>M. latidactylus</i>	1	3	3	-	-	-	7
<i>M. jaroense</i>	-	3	-	1	-	-	4
<i>M. latimanus</i>	-	3	-	-	-	1	4
<i>M. nipponense</i>	1	-	1	-	-	-	2
Total number	104(7)	235(9)	123(8)	109(7)	2(2)	3(2)	576
Ratio (%)	18.06	40.80	21.35	18.92	0.35	0.52	100

表 8. 不同頭胸甲長之沼蝦幼體在 6 個時段的上溯頻度分布及占比 (幼體：頭胸甲長 \leq 7 公厘；A 時段：15:40-19:40、B 時段：19:40-23:40、C 時段：23:40-03:40、D 時段：03:40-07:40、E 時段：07:40-11:40、F 時段：11:40-15:40)

Table 8. Frequency distributions of carapace lengths of upstream juvenile in six intervals of time. (Juvenile: carapace length \leq 7mm; the intervals of collecting time could be divided six time periods; A: 15:40-19:40, B: 19:40-23:40, C: 23:40-03:40, D: 03:40-07:40, E: 07:40-11:40, F: 11:40-15:40)

Carapace length(mm)	Intervals of time						Total number	Ratio %
	A	B	C	D	E	F		
1-2	-	2	20	-	-	-	22	3.82
2-3	13	40	14	14	1	2	84	14.58
3-4	24	75	34	49	-	1	183	31.77
4-5	35	85	36	34	-	-	190	32.99
5-6	27	27	13	7	-	-	74	12.85
6-7	5	6	6	5	1	-	23	3.99
Total number	104	235	123	109	2	3	576	100

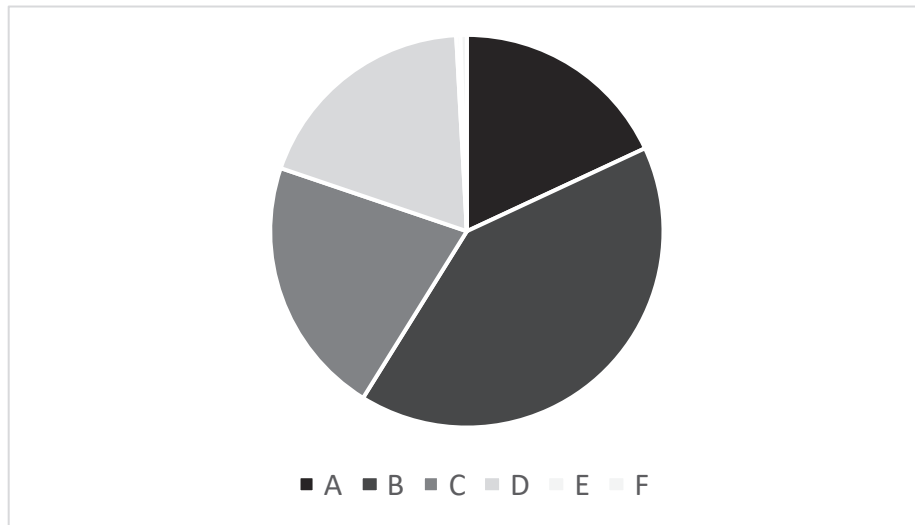


圖 6. 6 個各別時段所採沼蝦幼體隻數之百分比圓餅圖 (幼體：頭胸甲長小於 7 公厘；A 時段：15:40-19:40、B 時段：19:40-23:40、C 時段：23:40-03:40、D 時段：03:40-07:40、E 時段：07:40-11:40、F 時段：11:40-15:40)。

Fig. 6. The percentages of total juveniles (Juvenile: carapace length < 7mm) at six time periods (A:15:40-19:40, B:19:40-23:40, C:23:40-03:40, D:03:40-07:40, E:07:40-11:40, F:11:40-15:40)

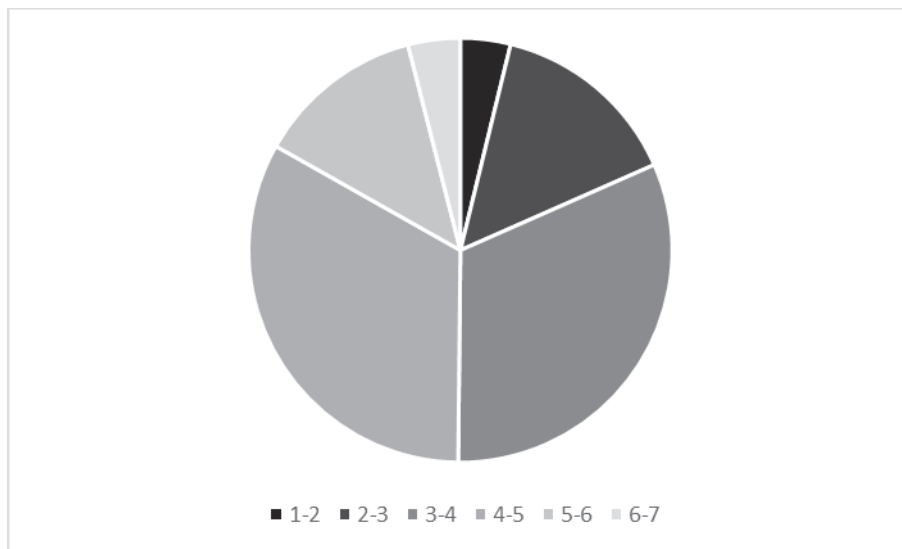


圖 7. 不同頭胸甲長之沼蝦幼體隻數的百分比圓餅圖 (幼體：頭胸甲長小於 7 公厘)。

Fig. 7. The percentages of carapace length of total juveniles (Juvenile: carapace length < 7mm).

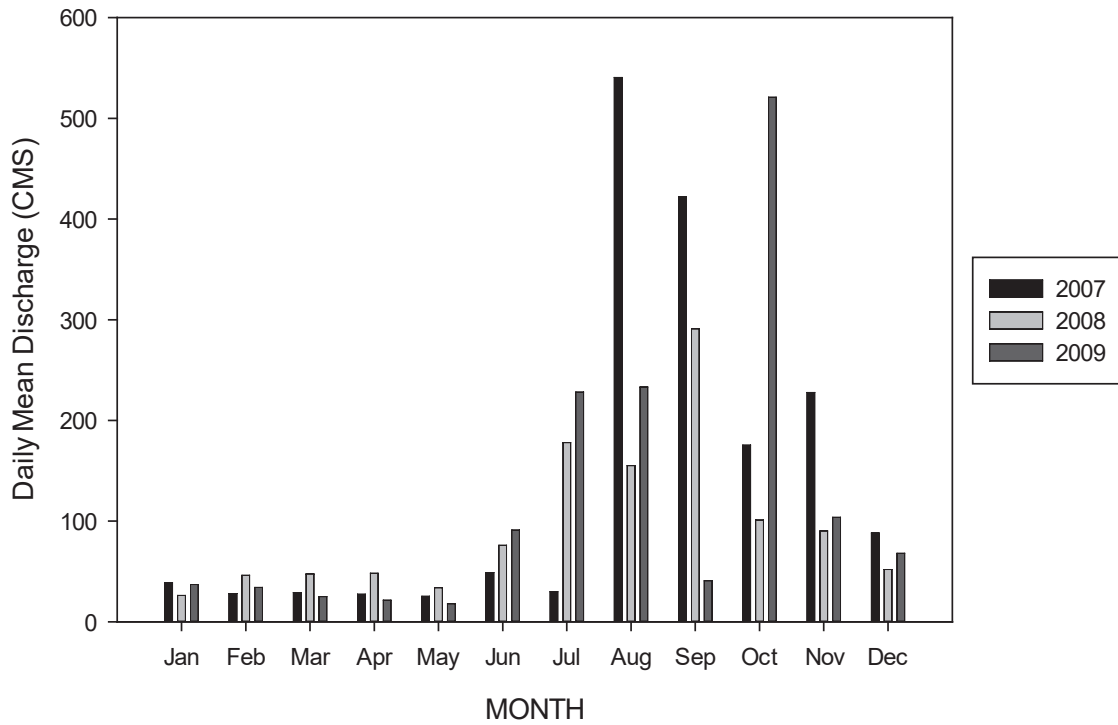


圖 8. 2007-2009 年各月份的日平均流量 (秀姑巒溪瑞穗大橋流量測站；CMS；秒立方公尺)。

Fig. 8. The Daily Mean Discharge of the Jui-Sui bridge station detecting the discharge of the Hsiukuluan River from 2007 to 2009.

檢測上揭環境因子與沼蝦幼體上溯之相關性，皆未達顯著。

蒐集經濟部水利署在秀姑巒溪瑞穗大橋之流量測站，取得 2007-2009 三年之每個月的日平均流量 (CMS；秒立方公尺)。如圖 8 所示，皆以每年 6 月開始明顯增加，尤其在 7, 8, 9, 10 等月之平均日流量處於高峰，顯示豐水期從 6 月開始延續至 12 月。

如圖 9 所示，每個月平均水溫從 5 月起上升超過 25°C，並持續到 9 月，最高為 6、7、8 月份。利用月平均水溫資料來進行集群分析，各採樣月份之水溫資料，經第一階段華德法 (Ward's method) 的分析過後，決定其集群數目訂為 2 群。第二階段接著運用 K 平均數集群分析法，以上階段分析得到的 2 個集群，依歐幾里德距離 (Euclidean distance)，得到 2 個新的集群。各月份分群結果，為 5、6、7、8、9 月為一群，餘為另一群。其 F 值都相當顯著，表示分群結果恰當，如表 9 所示。因此將 5、6、7、8、9 等月視為高溫期 (25.86-28.99°C)，其餘月分則是為低溫期 (20.64-22.21°C)，

不論高溫期或低溫期，水溫皆以 C 及 D 時段較低，如圖 10 所示。依據水溫及不同物種上溯月份，大致可分成 3 種類型。第 1 種為全年型，即大和沼蝦幾乎全年皆有，以 5 月份至 9 月份是數量最多的期間。第 2 種為高溫型，包括南海沼蝦及台灣沼蝦 (集中在 5-9 月份)，另外熱帶沼蝦、貪食沼蝦、闊指沼蝦、毛指沼蝦及短腕沼蝦也僅於此期間有零星分布。第 3 種為低溫型，包括寬掌沼蝦分布在 4-6 月及 9-12 月兩段期間，日本沼蝦則僅在 1 及 3 月採獲。

流速除了 2007 年 10 月及 2008 年 10, 11 月較低之外，其餘各月份流速皆在 20cm/s 以上，最高為 48cm/s。各月份魚道陷阱之水深平均值從 3.2cm 至 23.15cm，除 2007 年 9 月、12 月及 2009 年 4 月較高外，其餘月份皆為個位數，變化小。各月份之濁度平均值從 5NTU 至 217NTU 差異變化大；各月份之電導平均值為 343 至 431 us/cm；各月份之溶氧平均值從 7.32 mg/l 至 10.32 mg/l；各月份之 pH 平均值從 8.0 至 8.5。

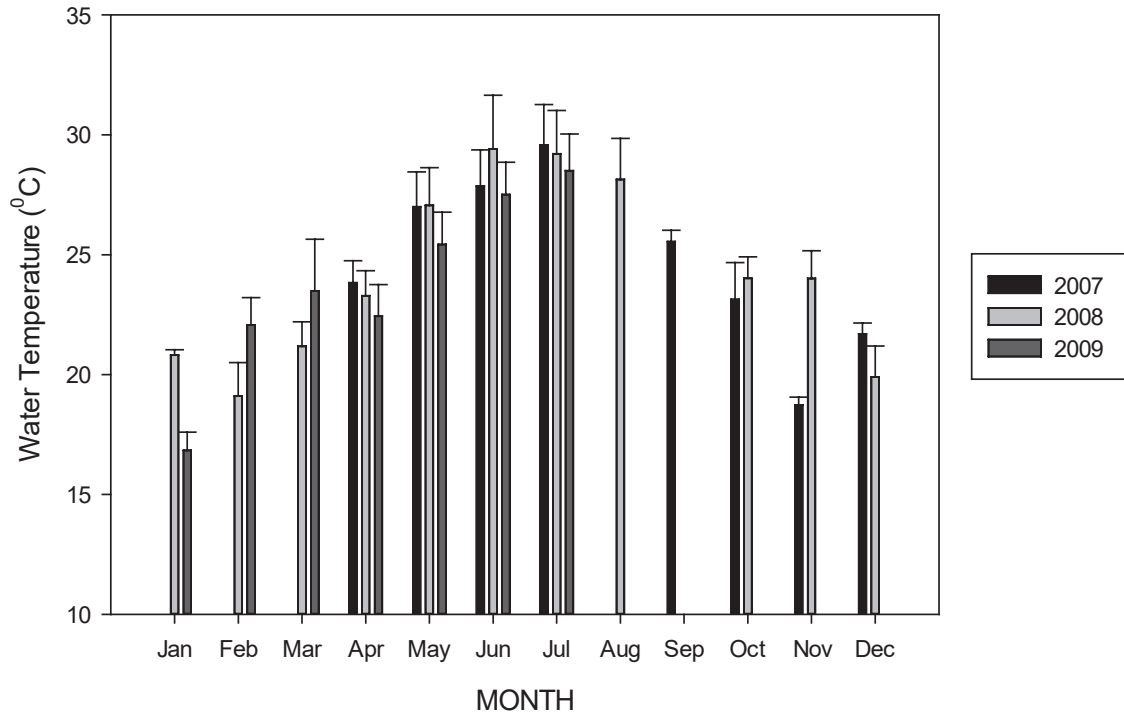


圖 9. 2007-2009 年各月份採樣日之日平均水溫 (°C)。

Fig. 9. The mean water temperatures of each collecting month from April 2007 to July 2009.

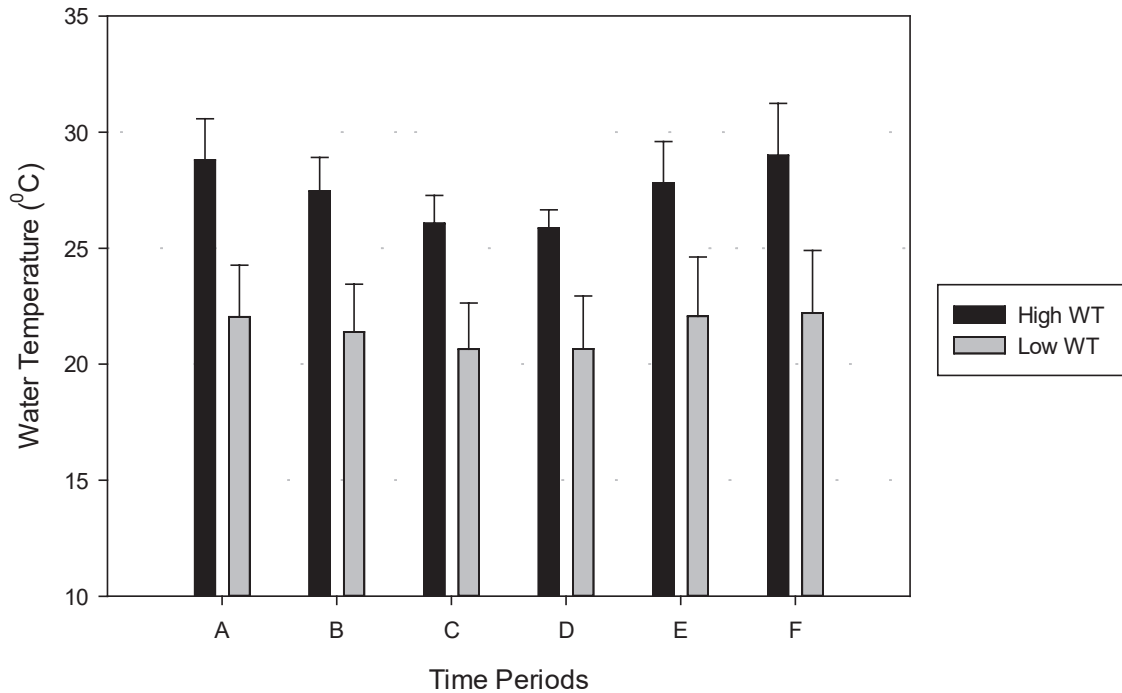


圖 10. 2007 年 4 月至 2009 年 7 月不同時段 (A 時段：15:40-19:40、B 時段：19:40-23:40、C 時段：23:40-03:40、D 時段：03:40-07:40、E 時段：07:40-11:40、F 時段：11:40-15:40) 高水溫期 (5 月至 9 月；黑體柱狀) 及低水溫期 (10 月至 4 月；灰體柱狀) 柱狀圖。

Fig. 10. The bars of high water temperature (WT, black bars) duration from May to September and low water temperature (gray bars) duration from October to April at six time periods (A:15:40-19:40, B:19:40-23:40, C:23:40-03:40, D:03:40-07:40, E:07:40-11:40, F:11:40-15:40) on April 2007 to July 2009.

三、討論

2008 年僅採獲 68 隻幼體，相較 2007 年 339 隻，2009 年 169 隻差距很大。依據經濟部水利署之資料，2008 年秀姑巒溪月平均流量僅 95.39CMS(秒立方公尺)，而豐水期的月平均流量為 160.15CMS，皆明顯低於 2007 年 140.11CMS、243.39CMS，2009 年 118.40CMS、222.76CMS。推測 2008 年流量的減少，導致出海口淡水流量降低，影響當年度的沼蝦幼體上溯。在韓等 (2012) 於墾丁保力橋進行蝦蟹調查時，也發現第一季調查時保力橋測站水量少，僅採獲 2 種蝦，分別為 9 隻細足米蝦 (*Caridina gracilipes*) 與 7 隻南海沼蝦，第三季時因水量增加，多種甲殼類物種上溯至此，共記錄到 3 科 7 種 110 隻蝦蟹，種歧異度由第一季的 0.69 上升至 1.15。Bauer and Delahoussaye (2008) 也發現 *M. ohione* 河水流量過低時，會因上溯的方向訊息不足，造成沼蝦幼體未進行上溯。Kikkert *et al.* (2009)，也發現在波多黎各東北部 Rio Espiritu Santo 的森林溪流，3 種兩側洄游的蝦類，

包括 *Atya* spp、*Xiphocaris elongata* 以及 *Macrobrachium* spp.，同樣很明顯地在雨季水量增多的時候進行大量上溯。Hongjamrassilp *et al.* (2021) 在泰國烏文省 (Ubon Ratchathani, Thailand) 的觀察研究，也發現每年的雨季時，因河水量增加，引發大量的沼蝦於夜間進行上溯。因此河川水流量的多寡會嚴重影響沼蝦的上溯行為。

此外 Hongjamrassilp *et al.* (2021)，研究發現只有在流速 60 cm/s 以下，沼蝦幼體才會潛入水中透由游泳上溯，而當河水量增加，流速上昇甚至高達 200 cm/s，在高流速期間大量的沼蝦幼體則會爬出水面，沿著岸邊臨水的岩塊於夜間進行上溯。陳等 (2021)，在秀姑巒溪進行大和沼蝦的上溯研究時，也觀察到在 D 時段 (03:40-07:40) 流速從平均 78 cm/s 降至平均 67.5 cm/s，流速明顯減緩期間，為上溯顛峰時段；相較 B 時段 (19:40-23:40) 流速從平均 60 cm/s 增加至平均 70.5 cm/s，明顯增加期間則無上溯個體。而本研究之流速範圍為 20cm/s 至 48cm/s 之間，顯然是合適不影響沼蝦幼體游泳

上溯的速度。Covich *et al.* (2003) 及 Upadhyay *et al.* (2014) 也都證實淡水蝦會受到流速而驅動其上溯行為。

水溫經聚類分析後，可將 5、6、7、8、9 等月視為高溫期 (25.86-28.99°C)，其餘月分則視為低溫期 (20.64-22.21°C)。相較上溯數量每年也是從 5 月份開始增加一直延續至 9 月份，與高溫期相符；同時也是即將進入豐水期 (6 月) 前，數量開始增加。Pedro *et al.* (2018) 研究 *M. occidentale* (Holthuis, 1950) 幼體的合適當成長水溫，發現最適的水溫是介於 25 °C-28 °C 之間，此範圍也符合大部分在熱帶及亞熱帶多種甲殼類之成長最適水溫。適當的溫度能夠優化身體的種種生理生化機能，達到能量的最佳運用 (Reynolds, 1979; Lutterschmidt & Hutchison, 1997; Re *et al.*, 2005; Spanopoulos *et al.*, 2005)。不當或極端的溫度會導致生理壓力乃至死亡 (Payette & McGaw, 2003)，因此水溫會極度影響水生生物。

結論

本研究共採獲 10 種沼蝦，其幼

體上溯最高峰時段為上半夜 (19:40-23:40)，其次為下半夜 (23:40-03:40)，白天 2 個時段 07:40-11:40 及 11:40-15:40 僅有個位數上溯個體。依不同物種上溯月份及水溫高低，其上溯期間大致可分成 3 種類型：第 1 種為全年型，即大和沼蝦幾乎全年皆有；第 2 種為高溫型，包括南海沼蝦、台灣沼蝦、熱帶沼蝦、貪食沼蝦、闊指沼蝦、毛指沼蝦及短腕沼蝦；第 3 種為低溫型，包括寬掌沼蝦及日本沼蝦。本研究之初步成果將有助於未來各種沼蝦之上溯研究，尤其台灣大部分的沼蝦物種仍待釐清的洄游特性。

引用文獻

- 李訓煌、陳義雄、何平台、張世倉、葉明峰、蔡雅芬。2003。全省河川生態補充調查與資料庫建立研究計畫 (東部地區)。經濟部水利署水利規劃試驗所。
- 林水治、施志昀、游祥平。1988。室內孵化之黑殼沼蝦 *Macrobrachium asperulum* (Von Mar-

- tens,1868) 之幼苗變態研究。台灣水產學會刊 15(2): 8-20。
- 林旻翰。2001。秀姑巒溪鱸鰻苗夏季上溯族群動態研究。國立清華大學生命科學系碩士論文。
- 施志昫、王瓏璋。2017。室內孵化之刺足沼蝦 *Macrobrachium spinipes* 幼苗培育及不同鹽度下對其幼苗發育之影響研究。國立澎湖科技大學研發專刊 9: 34-44.
- 施志昫、游祥平。1998。海洋生物博物館圖鑑系列(6)台灣的淡水蝦。國立海洋生物博物館籌備處出版。
- 施志昫、鄒月娥、游祥平。1990。室內孵化之台灣沼蝦幼苗變態研究。台灣水產學會刊 17(1): 21-34。
- 施志昫。1994。台灣淡水蝦蟹類分類。國立台灣海洋大學漁業科學研究所博士論文。
- 陳榮宗。2003。台灣東部及南部地區淡水蝦蟹類資源調查。特有生物研究保育中心 92 年度試驗研究執行成果。
- 陳榮宗。2004。台灣東部及南部地區淡水蝦蟹類資源調查。特有生物研究保育中心 93 年度試驗研究執行成果。
- 陳榮宗、葉明峰、蔡奇立。2021。台灣東部秀姑巒溪大和沼蝦 (*Macrobrachium japonicum*) 幼體全日上溯特性初探。台灣生物多樣性研究 23(1): 17-38。
- 曾晴賢、蕭仁傑、劉名允、林旻翰。2000。秀姑巒溪洄游生物的研究。海峽兩岸流域經營管理暨東部河川集水區綜合經營管理研討會論文集 345-360。
- 曾晴賢。2002。台灣河川洄游生物的習性。科學發展 352 期。
- 游祥平。2000。台灣產淡水蝦蟹類之分類、分布及幼體變態之研究(III)。行政院國家科學委員會。
- 葉怡均、江玉瑛、鄭明忠、蕭玉晨、何源興。2020a。兩側洄游型蝦類之人工繁養殖研究。台灣水產學會 109 年度學術論文發表會暨

- 會員大會 論文編號 / Paper ID:A-57.
- 葉怡均、江玉瑛、鄭明忠、蕭玉晨、何源興。2020b。細額沼蝦之幼苗發育研究。台灣水產學會 109 年度學術論文發表會暨會員大會 論文編號 / Paper ID:A-15.
- 鄒月娥、陳瑤湖、游祥平。1990。溫度及鹽度對日本沼蝦 (*Macrobrachium nipponense*) 幼苗發生之影響。台灣水產學會刊 17(2): 99-107。
- 趙子維。2000。太魯閣國家公園砂卡噹溪大和沼蝦及大和米蝦之生物學研究。國立台灣海洋大學海洋生物研究所碩士論文。
- 韓僑權、陳聿康、陳嘉瑜、陳幸琳。2012。101 年度「墾丁國家公園淡水魚蝦貝類普查」成果報告書。
- Albertoni, E. F., C. Palma-Silva, and F. A. Esteves. 1999. Larvae and Post-Larvae of Penaeidae and Palaemonidae in Coastal Lagoons of the north of Rio De Janeiro (Macaé, RJ). *Revista Brasileira de Biologia* 59(1): 109-117.
- Atkinson, J. M. 1977. Larval development of a freshwater prawn, *Macrobrachium Lar* (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. *Crustaceana* 33(2): 119–132.
- Bauer, R. T. and J. Delahoussaye. 2008. Life history migrations of the amphidromous river shrimp *Macrobrachium ohione* from a continental large river system. *Journal of Crustacean Biology* 28: 622-632.
- Bauer, R. T. 2011a. Amphidromy and migrations of freshwater shrimps. I. Costs, benefits, evolutionary origins, and an unusual case of amphidromy. In C. Franssen & A. Asakura (Eds.), *New Frontiers in Crustacean Biology* (pp. 145–156). Leiden, the Netherlands: Koninklijke Brill NV.
- Bauer, R. T. 2011b. Amphidromy and

- migrations of freshwater shrimps.
- II. Delivery of hatching larvae to the sea, return juvenile upstream migration, and human impacts. In C. Fransen & A. Asakura (Eds.), In *New Frontiers in Crustacean Biology* (pp. 157–168). Leiden, the Netherlands: Koninklijke Brill NV.
- Bauer, R. T. 2013. Amphidromy in shrimps: A life cycle between rivers and the sea. *Latin American Journal of Aquatic Research* 41: 633–650.
- Benstead, J. P., J. G. March, C. M. Pringle, and F. N. Scatena, 1999. Effects of a low-head dam and water abstraction on migratory tropical stream biota. *Ecological Applications* 9: 656-668.
- Benvenuto, C., B. Knott, and S. C. Weeks. 2015. Crustaceans of extreme environments. Thiel, M and L. Watling (Eds). In *The Natural History of the Crustacea* (pp. 379-417). New York: Oxford University Press.
- Cai, Y. and S. Shokita. 2006. Report on a collection of freshwater shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) from the Philippines, with descriptions of four new species. *The Raffles Bulletin of Zoology* 54 (2): 245-270.
- Cai, Y. and M. S. Jeng. 2001. On a new species of *Macrobrachium* bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae) from northern Taiwan. *Crustaceana* 74(3): 275-283.
- Chen, R. T., C. F. Tsai, and W. N. Tzeng. 2009. 16s and 28s rDNA sequences in phylogenetic analyses of freshwater prawns (*Macrobrachium* bate, 1868) from Taiwan. *Journal of Crustacean Biology* 29(3): 400-412.
- Chen, R. T., S. T. Chang, M. F. Yeh, H. P. Chen, T. H. Chen, C. F. Tsai, and W. N. Tzeng. 2010. Distribution of the freshwater prawns (*Macrobrachium* Bate, 1868) in Taiwan in rela-

- tion to their biogeographic origins. *Taiwan Journal of Biodiversity* 12(1): 83–95.
- Covich, A. P., T. A. Crowl, and F. N. Scatena. 2003. Effects of extreme low flows on freshwater shrimps in a perennial tropical stream. *Freshwater Biology* 48: 1199–1206
- Crandall, K. A., D. J. Harris, and J. W. Fetzner, Jr. 2000. The monophyletic origin of freshwater crayfish estimated from nuclear and mitochondrial DNA sequences. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 267: 1679-1686.
- Duckworth, R. A. 2009. The role of behavior in evolution: a search for mechanism. *Evolutionary Ecology* 23: 513–531.
- Fetzner Jr., J. W. and K. A. Crandall. 2001. Genetic Variation, pp. 291-326. In, D. M. Holdich (ed.), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science, Oxford.
- Hamano, T. and K. I. Hayashi. 1992. Ecology of an atyid shrimp *Caridina japonica* (De Man, 1892) migrating to upstream habitats in the Shiwagi Rivulet, Tokushima prefecture. *Researches on Crustacea* 21: 1-13.
- Hwang, J. J. and H. P. Yu. 1982. Studies on the freshwater shrimps of the genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) from Taiwan. *Quarterly Journal of the Taiwan Museum* 25: 157-180.
- Holyoak, M., R. Casagrand, R. Nathan, E. Revilla, and O. Spiegel. 2008. Trends and missing parts in the study of movement ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 19060 - 19065.
- Hongjamrassilp, W., W. Maiphrom, and D. T. Blumstein. 2021. Why do shrimps leave the water? Mechanisms and functions of parading behaviour in freshwater shrimps. *Journal of Zoology*. 313: 87-98.

- Ibrahim, K. H. 1962. Observations on the fishery and biology of the freshwater prawn *Macrobrachium malcomsonii* Milne Edwards in River Godvari. Indian Journal of Fisheries 9: 433-467.
- Jalihal, D. R., K. N. Sankolli, and S. Shenoy. 1993. Evolution of larval developmental patterns and the process of freshwaterization in the prawn genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae). Crustaceana 65(3): 358-364.
- Kikkert, D. A., T. A. Crawl, and A. P. Covich. 2009. Upstream migration of amphidromous shrimp in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico: temporal patterns and environmental cues. Journal of the North American Benthological Society 28: 233-246.
- Kwon, C. S. and U. Yutaka. 1969. The larval development of *Macrobrachium nipponense* (De Haan) reared in the laboratory. Bulletin de la Société Franco-Japonaise d'Océanographie 7: 30-46.
- Lutterschmidt, W.I. and V. M. Hutchinson. 1997. The critical thermal maximum: history and critique. Canadian Journal of Zoology, 75: 1561-1574.
- Pedro, H. S., D. H. Fernando, D. G. Jesús Manuel, M. V. Carmen, and G. G. Marcelo. 2018. Effect of temperature on growth, survival, thermal behavior, and critical thermal maximum in the juveniles of *Macrobrachium occidentale* (Holthuis, 1950) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) from Mexico. Journal of Crustacean Biology 38(4): 483-488.
- Payette, A.L. and I.J. McGaw. 2003. Thermoregulatory behavior of the crayfish *Procambarus clarki* in a burrow environment. Comparative Biochemistry and Physiology A 136: 539-556.
- Re, A.D., H.F. Díaz, E. Sierra, and J.

- Rodríguez. 2005. Effect of salinity and temperature on thermal tolerance of brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus* (Ives) (Crustacea, Penaeidae). *Journal of Thermal Biology* 30: 618–622.
- Reynolds, W.W. 1979. Perspective and introduction to the symposium: thermoregulation in ectotherms. *American Zoologist* 19: 193–194.
- Shull, H. C., M. Perez-Losada, D. Blair, K. Sewell, E. A. Sinclair, S. Lawler, M. Ponniah, and K. A. Crandall. 2005. Phylogeny and biogeography of the freshwater crayfish *Eurastacus* (Decapoda: Parastacidae) based on nuclear and mitochondrial DNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37: 249-263.
- Shy, J. Y., D. Wowor, and P. K. L. Ng. 2013. A new record of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium spinipes* (Schenkel, 1902) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) from Taiwan, with notes on its taxonomy. *Zootaxa* 3734 (1): 045-055.
- Spanopoulos, M., C. Martínez-Palacios, C. Vanegas-Pérez, C. Rosas, and L. Ross. 2005. The combined effects of salinity and temperature on the oxygen consumption of juvenile shrimps *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874). *Aquaculture*, 244: 341–348.
- Upadhyay, A. S., B. G. Kulkarni, and A. K. Pandey. 2014. Migration in prawns with special reference to light and water current as inducers in *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Experimental Zoology, India* 17(1): 33-48.