

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

第三名

080302

同居槍手—東北角潮間帶無刺槍蝦 *Alpheus lobidens* 之生態、配對與領域行為探討

學校名稱：基隆市中正區八斗國民小學

作者： 小六 朱致群 小六 董芷彤 小六 劉倣辰 小六 周奕滕	指導老師： 陳昇祿 林育任
---	-----------------------------

關鍵詞：無刺槍蝦、公母配對、領域性

說明書內文

作品名稱：同居槍手—東北角潮間帶無刺槍蝦 *Alpheus lobidens* 之生態、配對與領域行為探討

摘要（300字以內含標點符號）

無刺槍蝦(*Alpheus lobidens*)是東北角礁岩潮間帶常見的一種槍蝦，母槍蝦小螯呈現”剪刀狀”，公槍蝦的則較像是縮小版的大螯，雖有明顯大螯可打出空氣砲驅離入侵者，但其實極為敏感、膽怯，多數時間都是躲在巢穴內，因此對於巢穴極為依賴，透過”沿著石頭邊緣移動”的方式找到適合洞穴，並不斷經營它，使巢穴更適合自己。在防禦上，並沒有依賴蝦虎魚提供警示的行為出現，主要還是以縮進巢穴為主，而空氣砲也在防禦上有一定效用，當不明物體逼近時，退回巢穴的同時，有可能打出空氣砲，但其實空氣砲最大的效用出現在領域行為上，當毛刷在洞口微微晃動時，超過70%的機率牠們會出來用空氣砲驅離，在同種類同性別上，打出空氣砲驅離對方的機率甚至可以超過九成。

壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)

一、研究動機：

潮間帶有很多奇妙的生物，激發了我們想要探究的慾望，風平浪靜時可以聽到微弱但又此起彼落”噠、噠、噠”的”槍聲”，讓人不禁好奇，是誰在發出聲音呢？經過仔細觀察與文獻比對，發現原來是嬌小的無刺槍蝦呀！那牠們為什麼要發出這種聲音呢？石頭底下的牠們為什麼常常是公母成對的呢？文獻上還有提到槍蝦的視力不好，既然視力不好，那牠們又是怎麼回到巢穴的呢？為了解開這些謎團，我們展開了一連串對槍蝦的研究！

二、研究目的：

- (一) 探究無刺槍蝦之外型特徵；
- (二) 探究無刺槍蝦之棲地與巢穴；
- (三) 探究無刺槍蝦之配對繁殖；
- (四) 探究無刺槍蝦之共棲與防禦；
- (五) 探究無刺槍蝦的領域性行為。

三、文獻回顧：

1. 關於外觀、環境與巢穴：

無刺槍蝦在東北角潮間帶不難發現，不過國內文獻很少針對這個物種進行觀察與研究，提到的多半是粗略的外觀描述或環境介紹，如部分圖鑑都有提到無刺槍蝦步足稍帶紫色，步足的關節是白的(施志昫等。2010；陳育賢。2001)，在陳育賢老師的書中還提到，無刺槍蝦會在潮間帶石頭下的砂礫中挖洞居住，屬於夜行性。

2. 關於共生：

有資料提到槍蝦因視力不佳，會跟視力極佳的蝦虎魚產生共生行為，但在陳揚文老師(2011)的觀察紀錄中，表示並沒有觀察到，當時觀察的物種是敏捷槍蝦等種類，常聽到聲音，但沒有觀察到。

3. 關於公母配對：

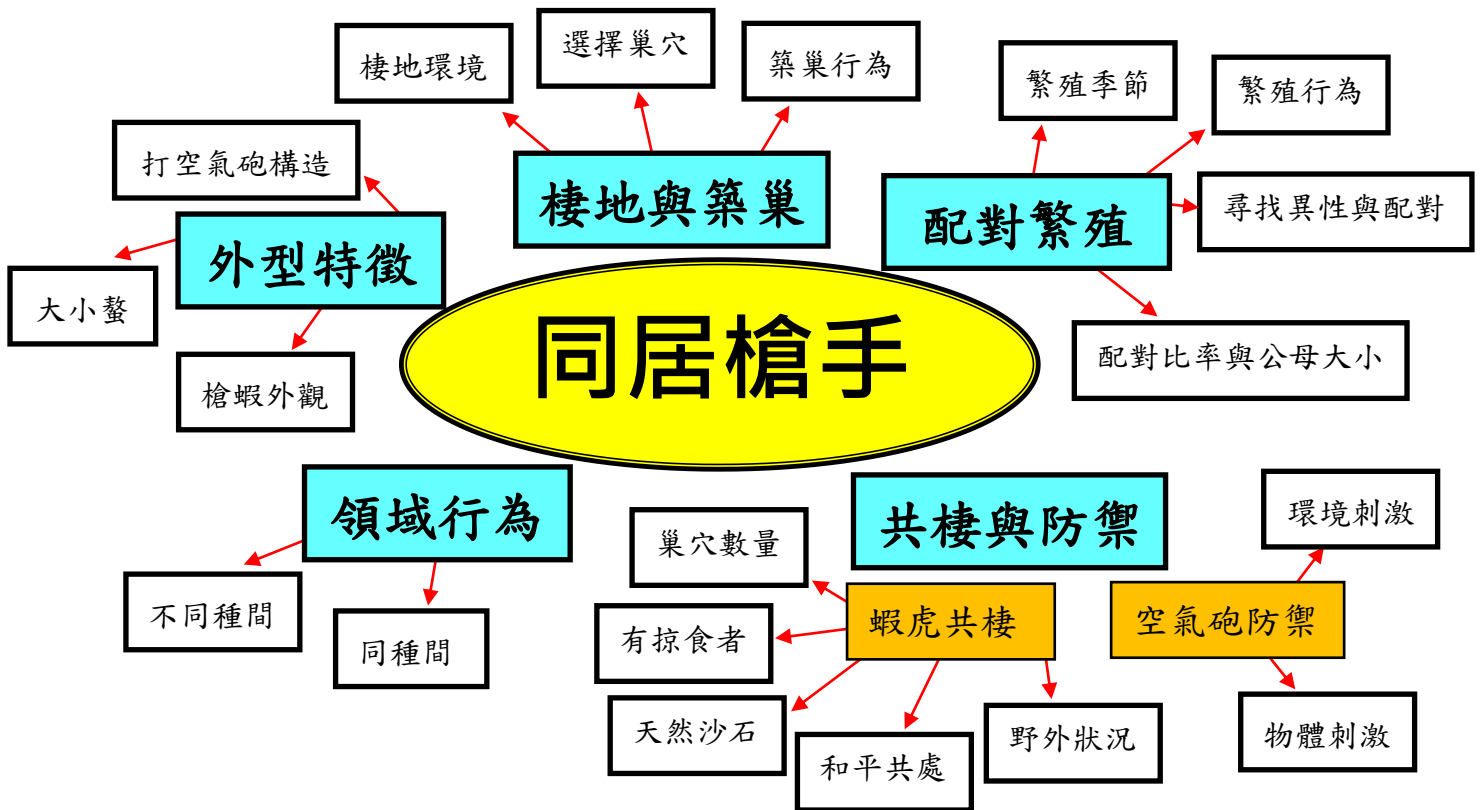
澎湖成功國小在第49屆全國科展曾對短脊槍蝦(*Alpheus brevicristatus*)配對行為進行一系列相關實驗，特別提到雌蝦沒有抱卵、雌雄體型相近及同時置入雌雄槍蝦實驗時，其配對率有越高趨勢。也有提到實驗對數越多、置入大體型雄蝦、實驗室飼養配對時間越短及分離時間越長其配對專一率有越低趨勢，但並沒有提到配對是否只為繁殖，還是有共同防禦等情況。

4. 無刺槍蝦分類階層：

- Kingdom Animalia 動物界
- Phylum Arthropoda 節肢動物門
- Class Malacostraca 軟甲綱
- Order Decapoda 十足目
- Family Alpheidae 槍(鼓)蝦科
- Genus *Alpheus* 槍(鼓)蝦屬
- Alpheus lobidens* 無刺槍(鼓)蝦

貳、研究設備及器材

- 一、實驗室飼養(30公分水族箱數組、80公分壓克力大魚缸、檯燈、海水儲存箱10個)
- 二、攝影記錄組(一般攝影機、縮時攝影機、相機、腳架)
- 三、巢穴實驗[粗吸管、彈珠、珊瑚石、貝殼、3D 列印巢穴(不同口徑、不同長度、透光不透光)、天然砂石]
- 四、共生實驗(黑深蝦虎魚、細腳槍蝦、雀鯛)
- 五、領域性實驗(細腳槍蝦、梭子蟹、近緣皺蟹、寄居蟹、長臂蝦)
- 六、野外調查(透明碟子、網子)
- 七、空氣砲防禦(攝影用暗箱、大銅鑼、音叉、細毛刷)



※ 研究實驗概念圖 (本圖由作者製作)

參、研究方法與研究結果

一、無刺槍蝦的外型特徵：實驗1-1 槍蝦外觀

★動機：槍蝦是不是有特別構造，所以才叫槍蝦呢？

☆方法：1. 利用參考圖鑑、網路照片及實地觀察。

◇結果：(照片由老師拍攝作者編輯)



◎無刺槍蝦公母同時出現

◎公無刺槍蝦

◎母無刺槍蝦

一、無刺槍蝦的外型特徵：實驗1-2 大小螯變化

★動機：無刺槍蝦的大螯有的在左邊，有的在右邊，是固定不變的嗎？

☆方法：1. 利用打鬥後斷螯的無刺槍蝦進行長期觀察與記錄，觀察左右邊的大小螯是否出現更換，並同時記錄天數(情況一：大小螯同時斷；情況二：只有大螯斷，小螯沒斷)。

◇結果：1. 狀況：大小螯都斷。(作者進行實驗，照片由老師拍攝再由作者編輯)

打鬥後失去大小螯



◎打鬥後斷大小螯

◎一起長出兩個小螯(30天)

◎左螯變大(100天)

◎大螯完全成形(150天)

2. 只有大螯斷，小螯沒有斷(作者進行實驗，照片由老師拍攝再由作者編輯)



◎大螯在左但斷了

◎右邊小螯變大，左邊出現小螯(30天)

◎左邊是小螯(60天)

◎大螯換在右邊(90天)

一、無刺槍蝦的外型特徵：實驗1-3 打空氣砲的大螯構造

★動機：無刺槍蝦的大螯可以打出空氣砲，是不是有特別構造呢？

☆方法：1. 除了透過文獻及網路上高速攝影機拍攝的照片、影片之外，我們也利用觀察過程中，無刺槍蝦打出空氣砲前會有短暫時間可觀察到牠張開大螯，利用此瞬間拍攝其構造。

◇結果：



◎大螯結構

◎打空氣砲前，大螯張到最大，再快速合起來(照片由老師拍攝作者編輯)

二、無刺槍蝦的棲地與築巢: 實驗2-1 棲地環境

☆方法：1. 選擇基隆與新北市交接處，平浪橋旁的潮間帶進行調查。

2. 退潮時，先以聆聽聲音，判斷約略位置，再確認是否有無刺槍蝦在裡面。



◎野外調查位置：基隆與新北市交接處潮間帶(圖擷取自 Google Map 再由作者編輯)

◇結果：(照片由老師拍攝作者編輯)



◎無刺槍蝦的棲息環境



◎退潮後可發現無刺槍蝦環境

◎大石頭下有積水便可能發現

◎小石頭下很少有無刺槍蝦



◎海蝕平台積水的裂縫區域(照片由老師拍攝作者編輯)

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-2-1 巢穴選擇：透光與不透光

★動機：經常躲在石頭下或石洞內的無刺槍蝦，是否在巢穴上也會選擇不透光的呢？

☆方法：1. 先剪5公分粗吸管，測試無刺槍蝦是否會住進人工巢穴內。

槍蝦可以躲進粗吸管内



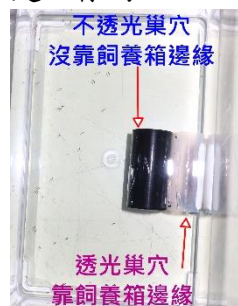
◎先以粗吸管做測試(照片由老師拍攝作者編輯)

2. 利用3D 列印技術，選用不同3D 線材(透明、黑色)，分別做出透光與不透光圓筒形巢穴(長:5公分，直徑:2公分)。

3. 為方便固定，將透光與不透光巢穴綁在一起，再黏貼在飼養箱邊緣，放入一隻無刺槍蝦，每小時記錄一次無刺槍蝦位置，持續3小時。(共4組，每組進行3次)

4. 過程中發現，無刺槍蝦有沿著飼養箱邊緣移動的行為，造成無刺槍蝦都是碰到不透光巢穴(此巢穴較靠近飼養箱邊緣)，會不會因此而只住不透光巢穴呢？因此我們將巢穴位置對調，變成透光巢穴較靠近飼養箱邊緣。

5. 巢穴位置對調造成不同結果，因此我們最後將兩巢穴分開，並分別黏貼在飼養箱邊緣，使槍蝦碰到兩個巢穴的機會是一樣的。



(照片由老師拍攝作者編輯)

◎不透光巢穴靠飼養箱邊緣

◎透光巢穴靠飼養箱邊緣

◎透光與不透光巢穴都靠飼養箱邊緣

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

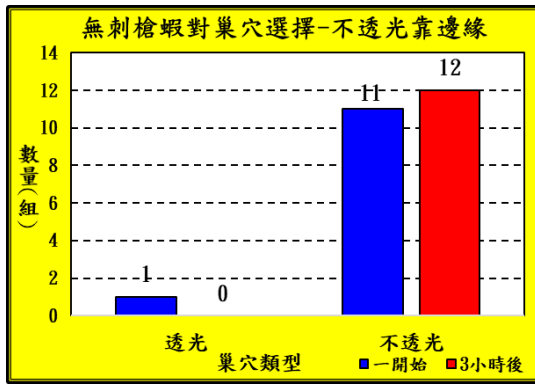


圖2-2-1-1:不透光巢穴靠邊緣結果圖

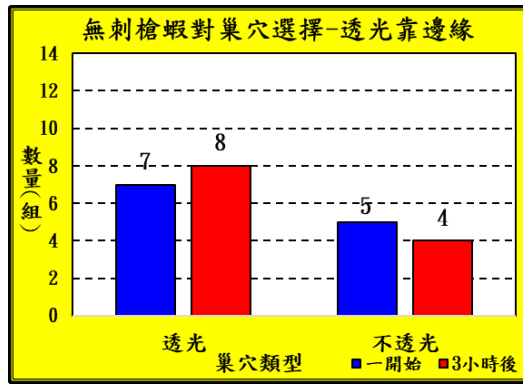


圖2-2-1-2:透光巢穴靠邊緣結果圖

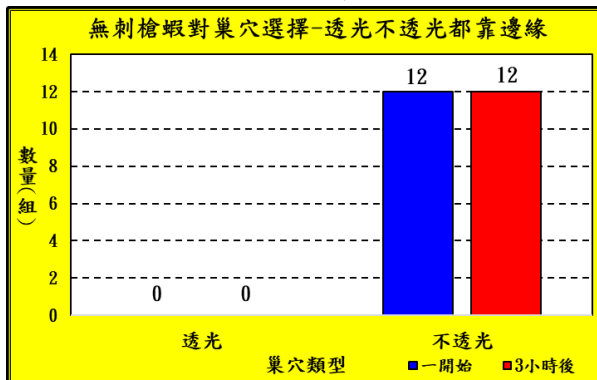
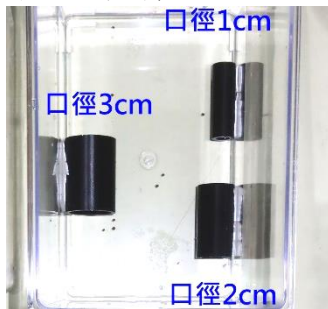


圖2-2-1-3:兩種巢穴都靠邊緣結果圖

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-2-2 巢穴選擇：巢穴管徑大小

☆方法：1. 利用3D列印技術，做出長5公分，直徑分別1公分、2公分及3公分的巢穴。

2. 三種不同口徑巢穴分別黏在飼養箱邊緣，並選用體長分別3.2公分、4.0公分及4.5公分的小、中、大無刺槍蝦個體，分別放入飼養箱，10分鐘記錄一次，持續30分鐘。(每組進行5次)



◎不同口徑巢穴(照片由老師拍攝作者編輯)

◎測量並選擇不同體型的無刺槍蝦 (照片由老師拍攝作者編輯)

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

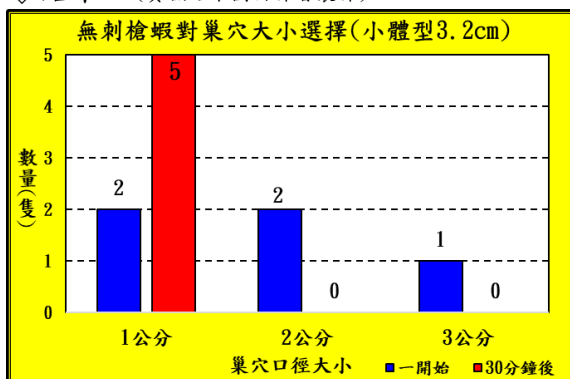


圖2-2-2-1:3.2cm 槍蝦對巢穴口徑選擇圖

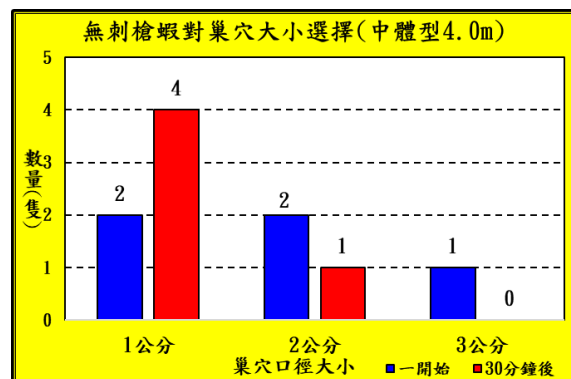


圖2-2-2-2:4cm 槍蝦對巢穴口徑選擇圖

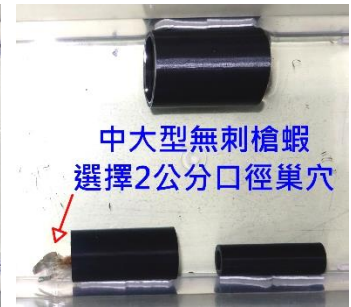
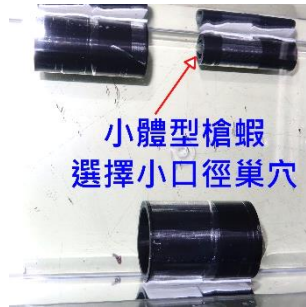
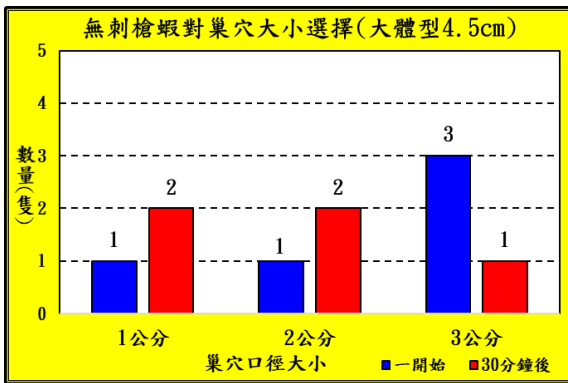
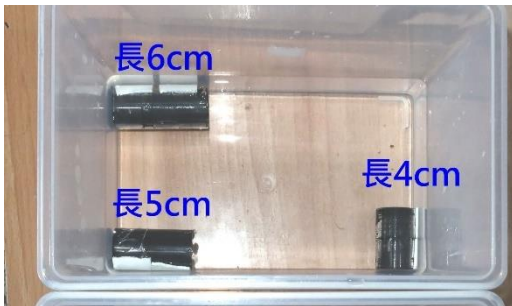


圖2-2-2-3: 4.5cm 槍蝦對巢穴口徑選擇圖 ◎不同大小個體選擇不同巢穴(照片由老師拍攝作者編輯)

二、無刺槍蝦的棲地與築巢: 實驗2-2-3 巢穴選擇: 巢穴長度大小

☆方法: 1. 利用3D 列印技術, 做出口徑2公分, 長度分別4公分、5公分及6公分的巢穴, 並分別挑選無刺槍蝦體長約3.5公分、4.0公分及4.5公分。

2. 每次放入一隻無刺槍蝦, 記錄第一時間進入的巢穴及30分鐘後待的巢穴, 再換另一大小的槍蝦, 每隻進行5次。



◎不同長度的巢穴

◎不同大小的無刺槍蝦(照片由老師拍攝作者編輯)

◇結果: (實驗結果圖由作者製作)

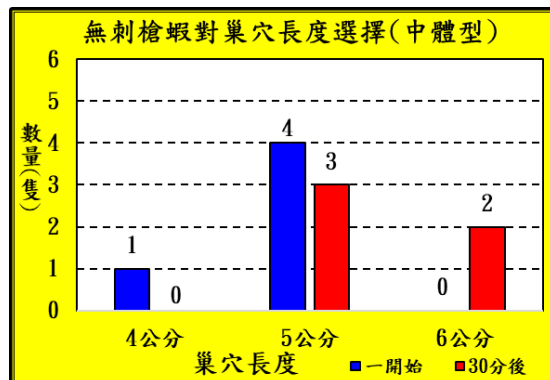
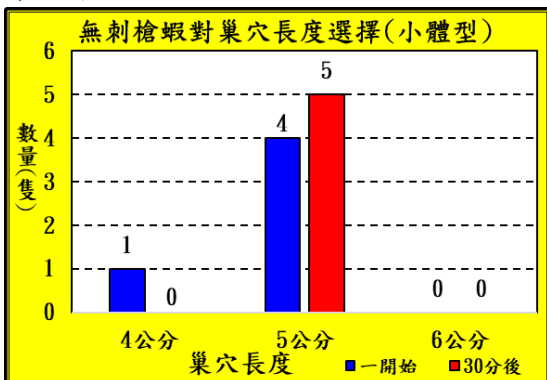


圖2-2-3-1: 3.5cm 槍蝦對不同長度巢穴選擇圖

圖2-2-3-2: 4.0cm 槍蝦對不同長度巢穴選擇圖

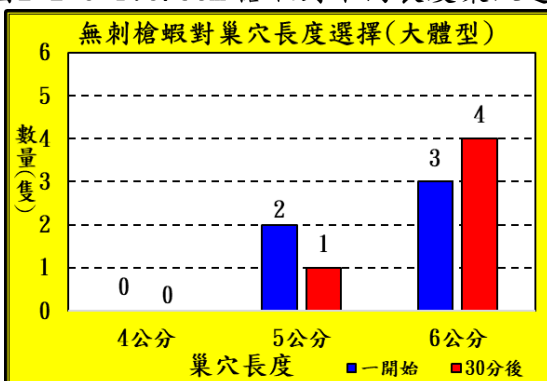
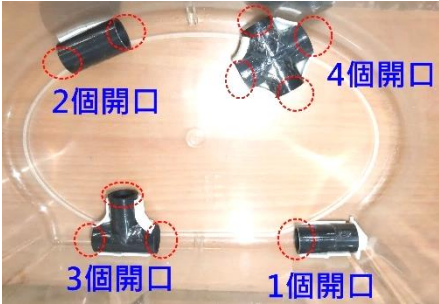


圖2-2-3-3: 4.5cm 槍蝦對不同長度巢穴選擇圖

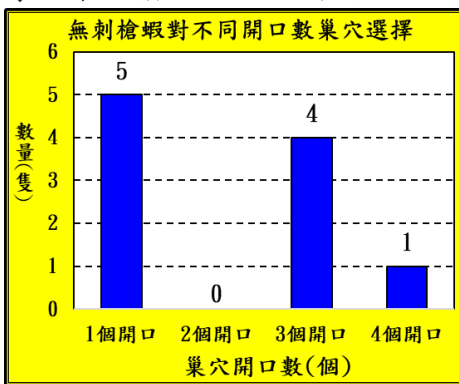
二、無刺槍蝦的棲地與築巢: 實驗2-2-4 巢穴選擇：巢穴開口數量

☆方法：1. 利用3D 列印技術，做出口徑2公分，長度5公分，開口數分別為1、2、3、4的巢穴，固定在同一飼養箱中，再放入一隻無刺槍蝦，因範圍較大，巢穴較多，為讓槍蝦確實碰觸過每個巢穴，最後待在幾個開口的巢穴，因此我們延長觀察時間，一天記錄兩次(天黑前記錄一次，隔天早上再記錄一次)(實驗6天共12次，並且每天更換槍蝦)。



◎不同開口數的巢穴(照片由老師拍攝作者編輯)

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

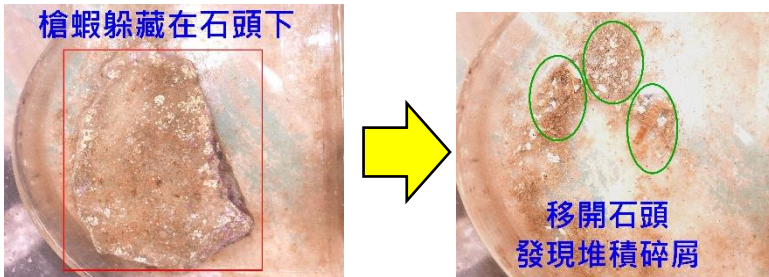


◎住在一個開口的巢穴內(照片由老師拍攝作者編輯)

圖2-2-4:槍蝦對不同開口數巢穴的選擇圖

二、無刺槍蝦的棲地與築巢: 實驗2-3-1 築巢行為：會搬東西到巢穴嗎？搬甚麼？

★動機：常常發現魚缸內的碎屑、雜質，隔天會積在槍蝦躲藏的石頭旁，是槍蝦做的嗎？牠們有特定要搬的物質嗎？



◎平時槍蝦會躲藏在石頭下 ◎移開石頭發現積了很多碎屑(照片由老師拍攝作者編輯)

☆方法：1. 在槍蝦躲藏石頭的遠端放置不同物品(包含空貝殼、珊瑚石、彈珠)，隔天紀錄這些物品是否移往槍蝦巢穴。



◎空貝殼(10個)放在石頭遠端

◎珊瑚石(10個)

◎彈珠(10個) (照片由老師拍攝作者編輯)

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

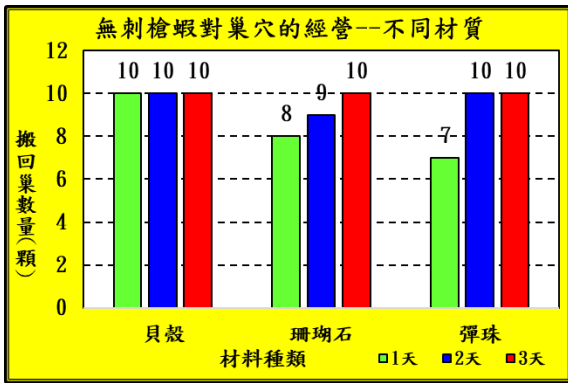


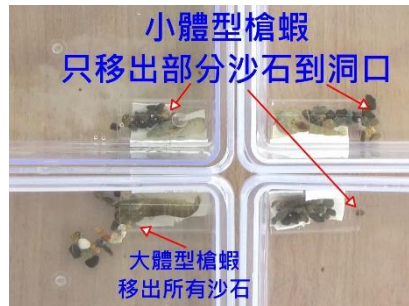
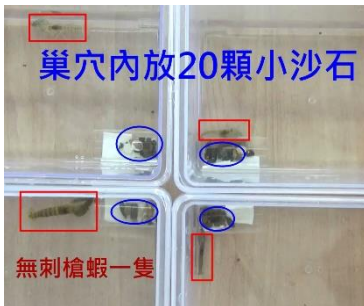
圖2-3-1:槍蝦對不同材料使用狀況圖



◎三天後空貝殼都在石頭邊 ◎珊瑚石在石頭邊 ◎彈珠都在石頭邊(照片由老師拍攝作者編輯)

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-3-2 築巢行為：搬移沙石

☆方法：1. 將小型天然沙石20顆放到巢穴最裡面，錄影觀察無刺槍蝦一天後對這些沙石的處理。(4組) (作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)



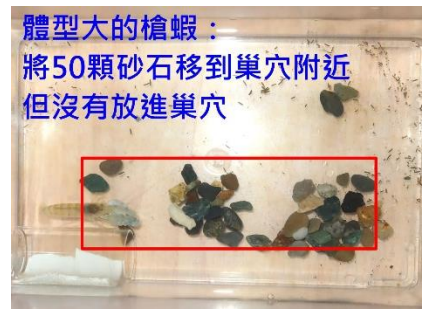
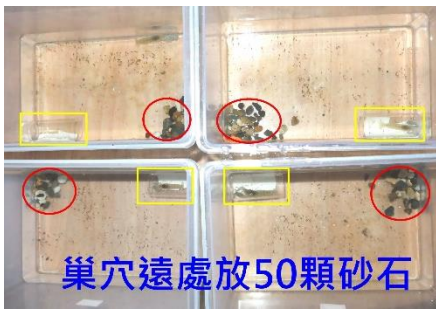
◎20顆沙石放在巢穴最裡面 ◎一天後大部分砂石被移動到巢穴洞口附近

2. 將小型天然沙石20顆放到巢穴對面，錄影觀察無刺槍蝦一天後對這些沙石的處理。(4組)



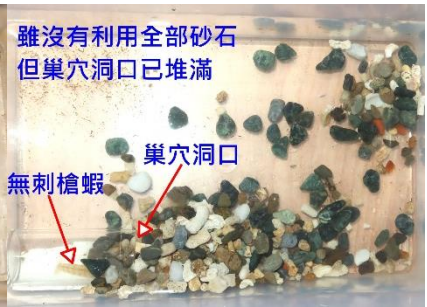
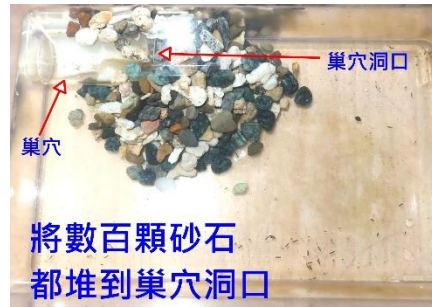
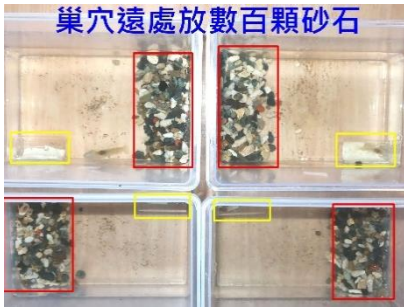
◎20顆沙石放在巢穴對面 ◎小個體將沙石都搬回巢穴洞口 ◎大個體則僅搬到巢穴外

3. 增加到50顆，錄影觀察是否都會用到。(4組)



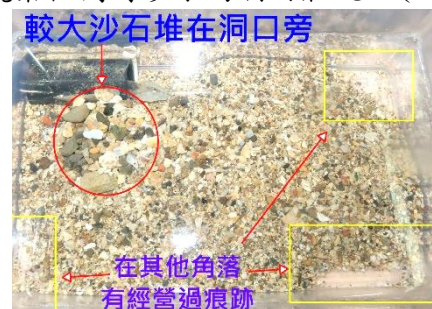
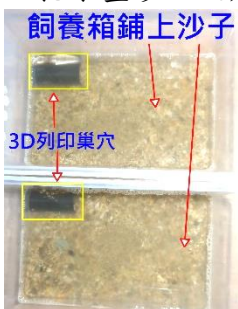
◎50顆沙石放在巢穴對面 ◎小個體將沙石都搬回巢穴洞口 ◎大個體則僅搬到巢穴外

4. 增加到約500顆，錄影觀察牠們對這些沙石的利用。(4組)



◎數百顆沙石放在巢穴對面 ◎一天後沙石都搬回巢穴洞口 ◎沒有全搬回，但仍堵住洞口

5. 把小型沙石改成潮間帶沙子，鋪滿整個飼養箱，錄影觀察牠們對沙子的利用狀況。(4組)



◎飼養箱鋪上沙子 ◎挑出較大砂石堵住巢穴洞口 ◎飼養箱角落的沙子有被撥動過

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

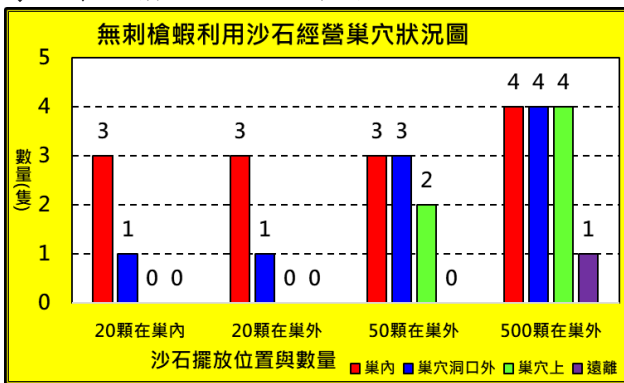


圖2-3-2: 槍蝦對不同數量砂石運用狀況圖

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-3-3 築巢行為：離開巢穴會再回原巢穴嗎？怎麼回去？

★動機：既然牠們有選擇與經營巢穴的行為，那要怎麼找到巢穴呢？有沒有可能固定住同一巢穴呢？有的話，視力不好的牠們要怎麼找回原巢穴呢？

☆方法：1. 利用24小時錄影方式，將無刺槍蝦在不同條件下(包含3D巢穴或天然沙石；無威脅或有威脅)

◇結果：

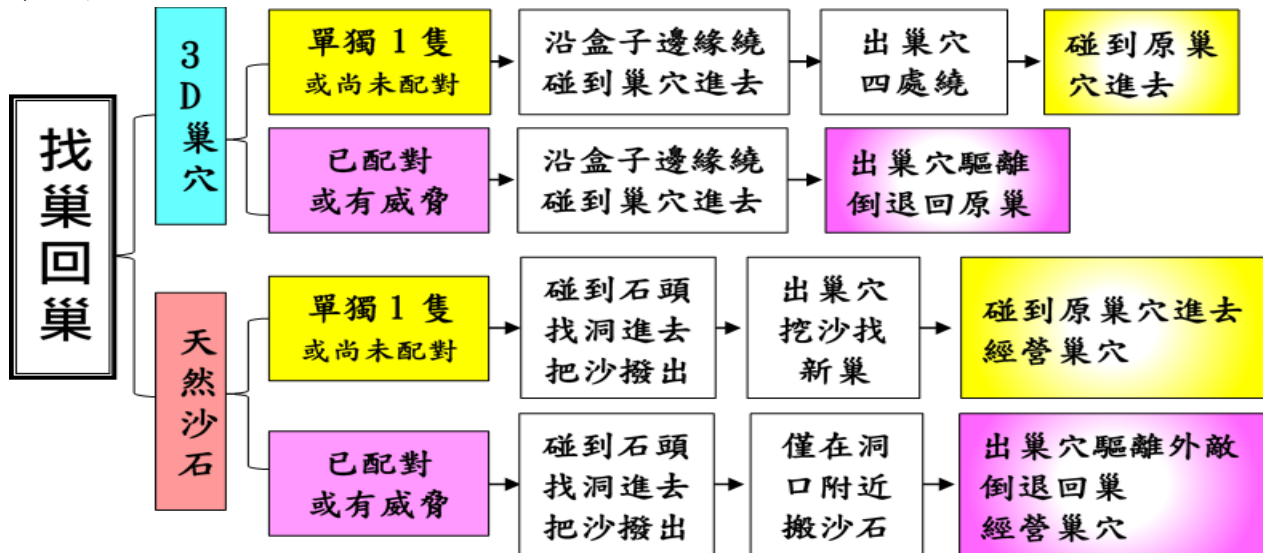


圖2-3-3:槍蝦找巢回巢模式圖(圖片由作者製作、編輯)

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-3-4 築巢行為：野外實際狀況

★動機：無刺槍蝦在實驗室確實有明顯經營巢穴的行為，那牠們在野外也會經營自己巢穴嗎？是否與實驗室觀察到的相符呢？

☆方法：1. 因為在潮間帶大石頭底下的巢穴不易觀察(環境1)，因此我們選擇海蝕平台裂縫區的無刺槍蝦來進行實驗(環境2)，除了較平坦外，積水也比較少。

2. 巢穴確認：聽聲音確認大約位置後，小心蹲下觀察並稍作等待，當再次聽到聲音或觀察到無刺槍蝦探出螯，便可確認那個石洞內有無刺槍蝦，並放小圓錐做記號。

3. 利用事先採集小砂石，慢慢倒入巢穴內，錄影記錄牠們對這些砂石的處理情形。(共5組)



◎野外巢穴經營實驗區域



◎利用攝影機記錄槍蝦經營巢穴過程



◎發現槍蝦巢穴



◎砂石倒入巢穴



◎砂石間出現小洞穴



◎洞越來越大



◎小螯把砂石搬出

(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-1 無刺槍蝦的繁殖期

★動機：從一開始做潮間帶觀察，就發現有抱卵的現象，牠們是否有特定繁殖季節呢？

☆方法：每個月選擇較大退潮時間，到固定潮間帶進行調查，記錄抱卵的母槍蝦數量。

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

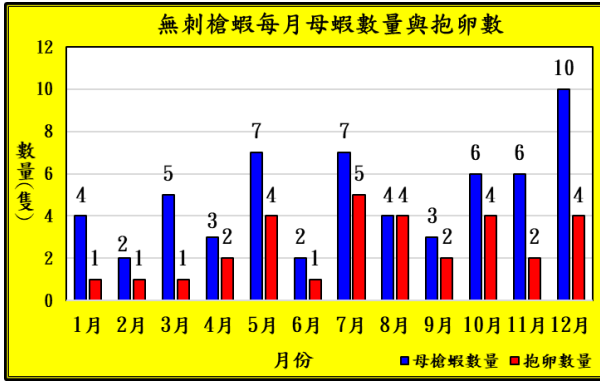


圖3-1:每月母槍蝦抱卵個體數量圖

◎抱卵無刺槍蝦

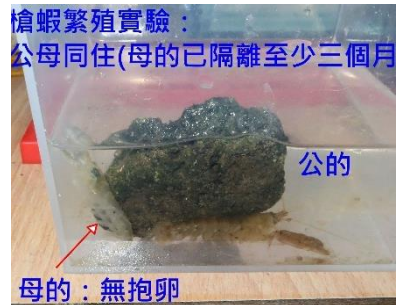
◎抱卵槍蝦會公母成對出現

三、無刺槍蝦的配對繁殖: 實驗3-2 繁殖行為

☆方法：1. 採集野外抱卵母槍蝦，實驗室飼養，每天記錄抱卵到孵化過程(共4隻)。

2. 實驗室內讓沒有抱卵的母槍蝦與公槍蝦同住，記錄其繁殖狀況一個月(共4組)。

(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)



◎母槍蝦無抱卵配對(1)

◎母槍蝦無抱卵配對(2)

◎母槍蝦無抱卵配對(3)

◇結果：1. 野外採集抱卵個體記錄



◎採集回來第1天卵深綠色

◎採集第4天

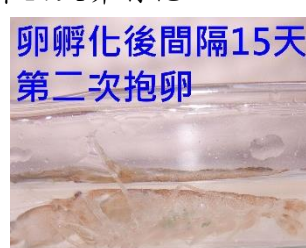
◎採集第8天

◎採集第14天顏色變淡



◎採集第16天卵透明

◎採集第17天卵孵化

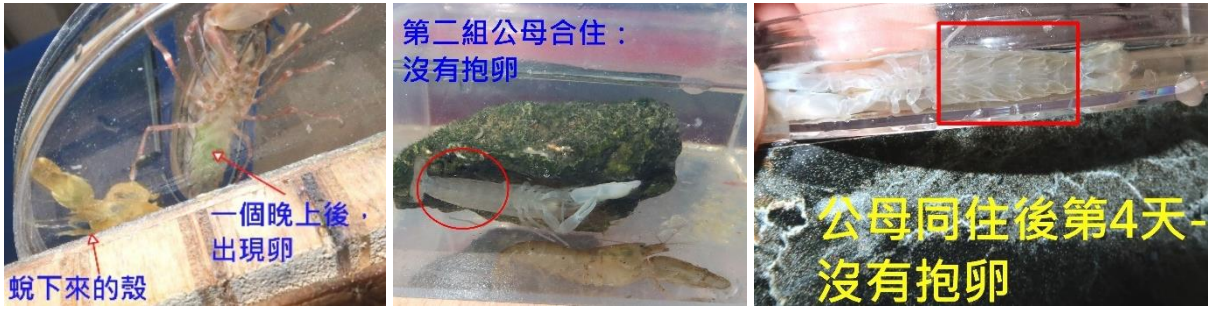


◎第二次抱卵第4天卵數少

◎第二次抱卵第12天

◎第二次抱卵第20天再次孵化

2. 實驗室內公母同住繁殖記錄



◎第一組退殼抱卵

◎第二組無抱卵

◎第四組無抱卵

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-3-1 如何找到對方形成配對(1公1母)：中型魚缸

★動機：野外調查時，發現的無刺槍蝦都是1公1母同住，牠們是怎麼找到對方的呢？

☆方法：1. 在一中型魚缸(35cm*20cm)中鋪上海沙，並在四個角落分別放一顆岩石，讓槍蝦可以躲藏，放入1公1母的無刺槍蝦，利用攝影機24小時攝影。

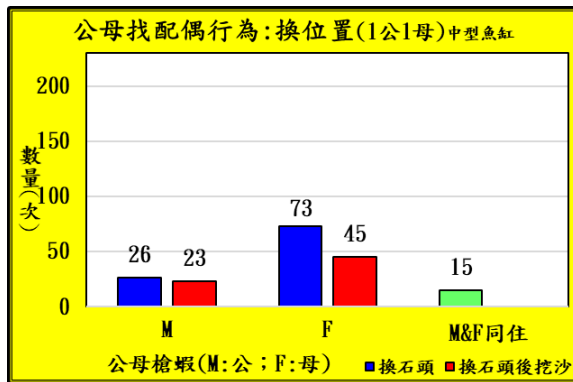
2. 隔天紀錄是否同住，並記錄影片中公母槍蝦換石頭、挖沙、碰面、打鬥的次數。



◎魚缸內放四顆石頭

◎隔天公母躲在同一石頭

◎石頭下有挖出空間(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)



◇結果：

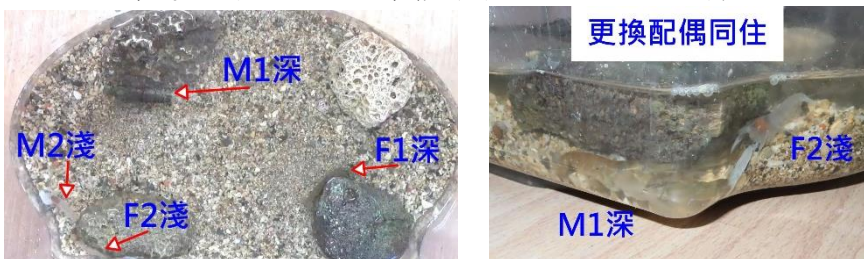
圖3-3-1:槍蝦換位置行為圖(本圖由作者製作)

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-3-2 如何找到對方形成配對(2公2母)：中型魚缸

★動機：公母槍蝦都一直更換躲藏石頭，有沒有可能是因為對方不是自己適合的對象呢？

☆方法：1. 在原本的魚缸中改放入2公2母的無刺槍蝦，利用攝影機24小時攝影。

2. 隔天紀錄是否同住，並記錄影片中公母槍蝦換石頭、挖沙、碰面、打鬥的次數。



(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

◎中型魚缸內放2公(M)2母(F)

◎在一石頭下的不一定是原本的一對公母

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

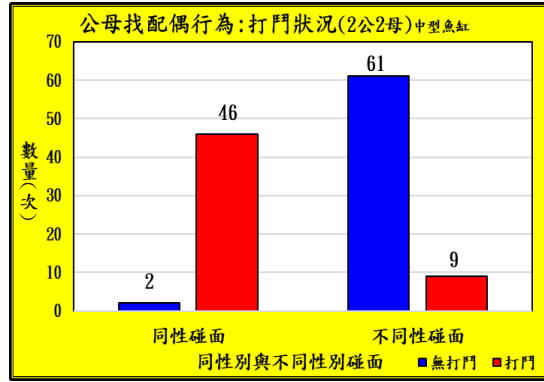
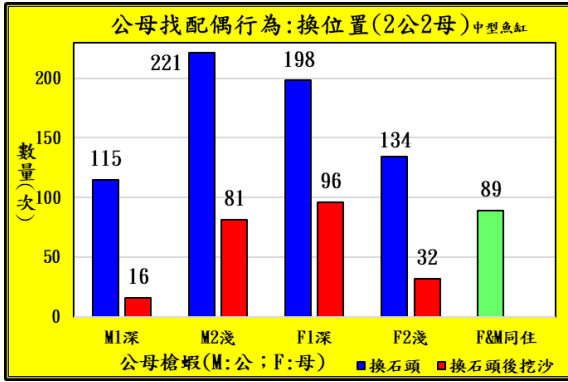


圖3-3-2-1:槍蝦換位置行為圖

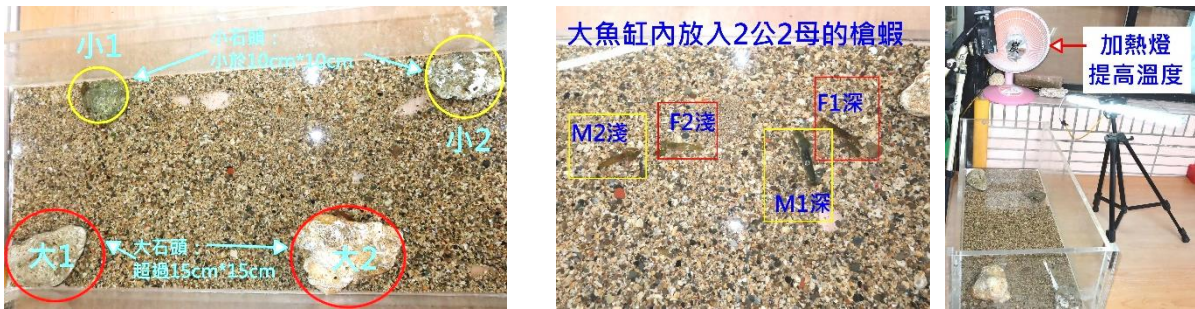
圖3-3-2-2:槍蝦打鬥狀況圖

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-3-3 如何找到對方形成配對(2公2母)：大型魚缸

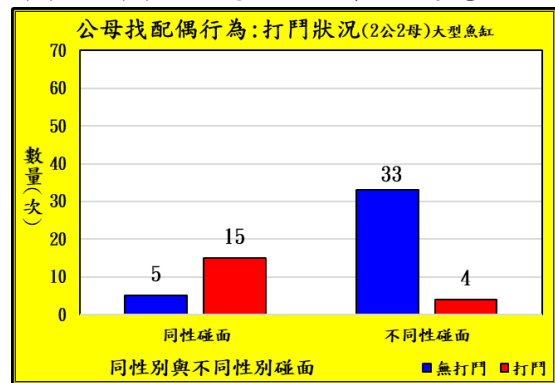
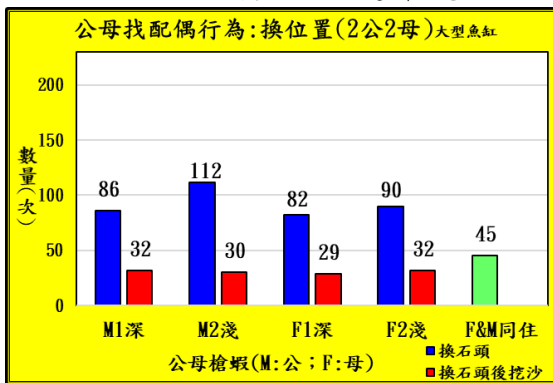
★動機：頻繁的碰面打鬥，會不會是活動範圍太小，如果換成較大的魚缸，是否就有機會配對同住呢？

☆方法：1. 將原本中型魚缸換成更大的魚缸(80cm*35cm)，並將4顆石頭分散到四個角落，再將2公2母的無刺槍蝦(深淺不同，易於辨識)放到大型魚缸，利用攝影機24小時攝影。

2. 隔天紀錄是否同住，並記錄影片中公母槍蝦換石頭、挖沙、碰面、打鬥的次數。



◎大型魚缸內擺放四顆石頭供槍蝦選擇 ◎放入2公(M)2母(F) ◎利用加熱燈避免低溫



◇結果：

圖3-3-3-1:槍蝦換位置行為圖(本圖由作者製作)

圖3-3-3-2:槍蝦打鬥狀況圖(本圖由作者製作)

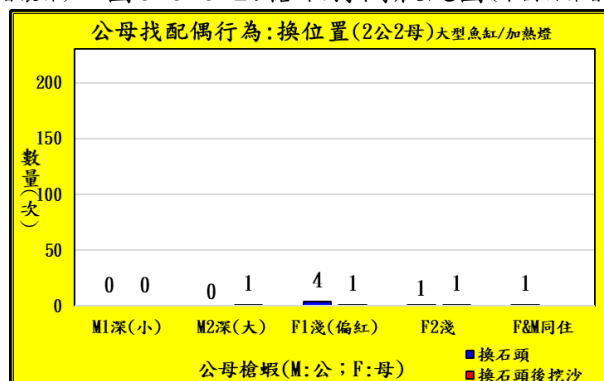
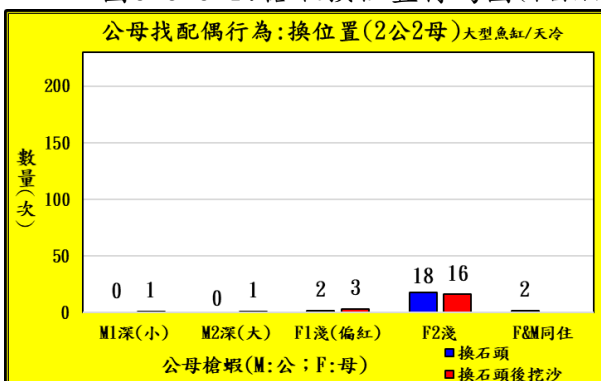


圖3-3-3-3:槍蝦換位置行為圖(天冷)

圖3-3-3-4:槍蝦換位置行為圖(加加熱燈)(圖由作者製作)

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-3-4 如何找到對方形成配對(2公2母)：更換槍蝦

★動機：配對同住的槍蝦，可以長時間同住，另外一組槍蝦雖沒有配對，但也沒有干擾配對的槍蝦，如果更換一隻沒配對的，是否會產生不同變化呢？

☆方法：1. 把原本單獨居住的母槍蝦換成另外一隻母槍蝦，紀錄新加入的成員是否對原本配對的槍蝦造成變動，利用攝影機24小時攝影。

2. 隔天紀錄是否同住，並記錄影片中公母槍蝦換石頭、挖沙、碰面、打鬥的次數。

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

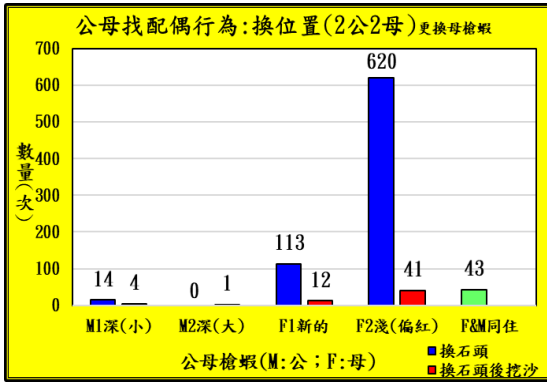


圖3-3-4-1:槍蝦換位置行為圖

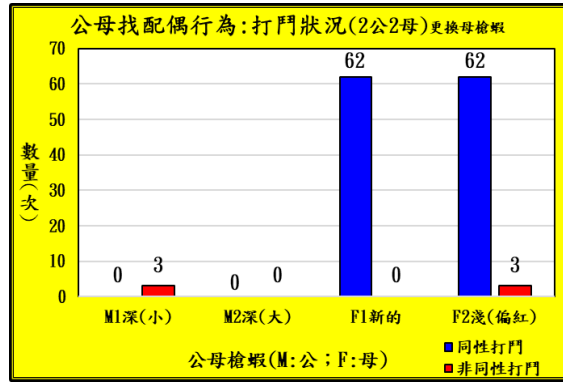


圖3-3-4-2:槍蝦打鬥狀況圖

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—與蝦虎魚共棲：實驗4-1-1 槍蝦棲息區域是否都有黑深蝦虎魚

★動機：很多文獻或資料上都有提到，槍蝦會和蝦虎魚共生，但潮間帶常有漲退潮，並不一定是淹著水的狀況，難道無刺槍蝦也會有跟蝦虎魚共生嗎？

☆方法：在潮間帶進行調查，發現槍蝦時，同時在同一小潮池內檢查是否有蝦虎魚存在。



◎黑深蝦虎魚數量最多 ◎黑深蝦虎魚在潮間帶具有極佳保護色 ◎翻石頭來尋找

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

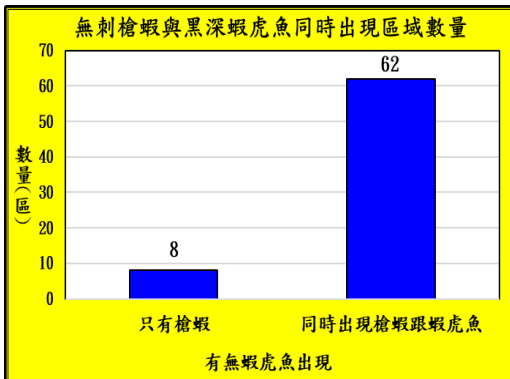


圖4-1-1:槍蝦和蝦虎魚同時出現數量圖

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—與蝦虎魚共棲：實驗4-1-2 是否和平共處

☆方法：1. 利用小飼養箱，在角落黏貼一個3D 列印巢穴，在放入一隻無刺槍蝦、一隻黑深蝦虎魚，3小時錄影，因為有觀察到槍蝦很容易攻擊其他生物，因此我們會仔細瀏覽紀錄影

片中兩者產生的互動行為，包含是否互相攻擊、或是彼此不靠近。(共4組)



(照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

◎攝影機記錄槍蝦與蝦虎魚行為 ◎一個3D 巢穴、一隻蝦虎魚和一隻槍蝦

◇結果1：(實驗結果圖由作者製作)

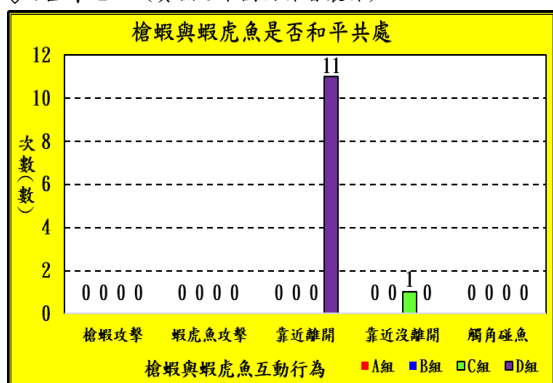
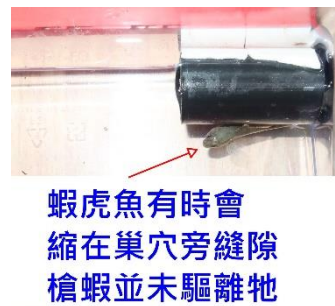
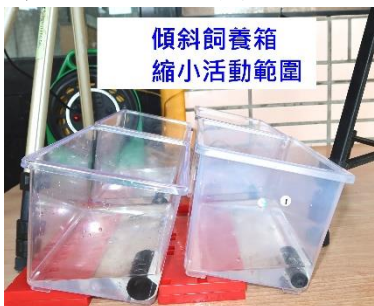


圖4-1-2-1:和平共處實驗結果圖

★修正：有沒有可能是範圍還是太大，彼此間活動空間不受影響呢？因此我們將飼養箱傾斜，將活動空間縮小，使牠們更有機會碰到彼此。



◎傾斜飼養箱縮小活動範圍 ◎即使距離很靠近也沒有打鬥 ◎蝦虎魚在巢穴旁並未受到攻擊

結果2：(實驗結果圖由作者製作)

(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

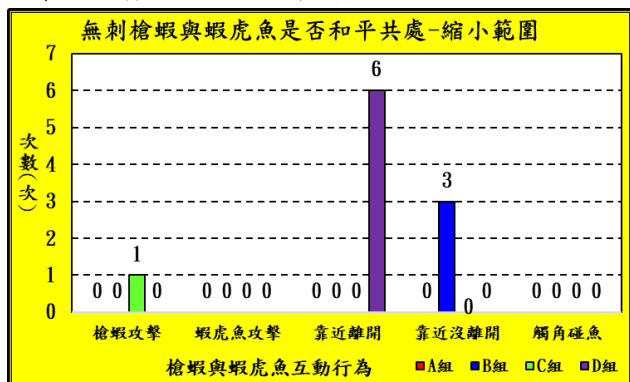


圖4-1-2-2:縮小範圍實驗結果圖

四、無刺槍蝦的共棲與防禦：實驗4-1-3 鋪上天然沙石

☆方法：在飼養箱巢穴附近放入一堆小碎石，利用攝影機記錄無刺槍蝦與黑深蝦虎魚的互動行為，包含有沒有碰觸行為？有沒有為對方蓋巢穴？(4組)。



◎巢穴旁放置天然碎石(照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

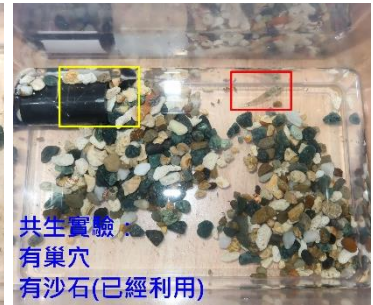
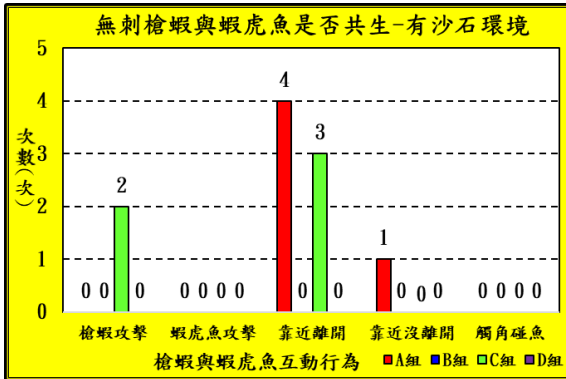


圖4-1-3:加砂石實驗結果圖

◎蝦虎魚在碎石上 ◎蝦虎魚沒有在巢穴旁

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—與蝦虎魚共棲：實驗4-1-4 掠食者出現

☆方法：1. 在有3D 巢穴的飼養箱內，放入一隻黑深蝦虎魚，並加入較為兇猛的梭子蟹，同時為了更貼近野外無刺槍蝦成對居住的特性，此次也選擇一公一母成對的無刺槍蝦來進行實驗，錄影觀察並紀錄牠們的互動行為。(3組)



◎加入兇猛的梭子蟹到飼養箱中(照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

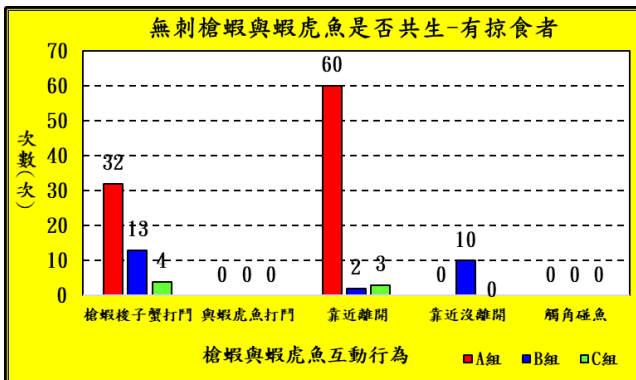
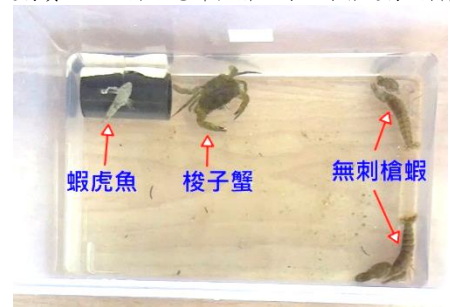


圖4-1-4:加梭子蟹實驗結果圖

(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)



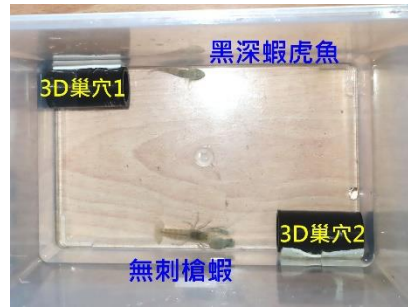
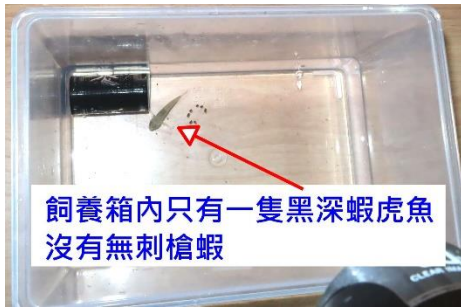
◎隔天公槍蝦失去大螯 ◎蝦虎魚在梭子蟹與槍蝦之間 ◎蝦虎魚在梭子蟹巢穴上

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—與蝦虎魚共棲：實驗4-1-5 巢穴數量增加

★動機：彼此似乎都沒有碰觸行為或互動關係，但蝦虎魚為什麼一定要在槍蝦巢穴旁呢？

☆方法：1. 單獨放一隻黑深蝦虎魚在有3D 列印巢穴的飼養箱內(沒有無刺槍蝦)，錄影紀錄黑深蝦虎魚的活動狀況。

2. 飼養箱內裝置兩個3D 列印巢穴，同時放入一隻無刺槍蝦、一隻黑深蝦虎魚，錄影記錄牠們的活動狀況，並每兩天換另外一組槍蝦與蝦虎魚(共5組)。



(照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

◎只有蝦虎魚沒有槍蝦 ◎兩個巢穴，放入蝦虎魚跟槍蝦各一隻

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

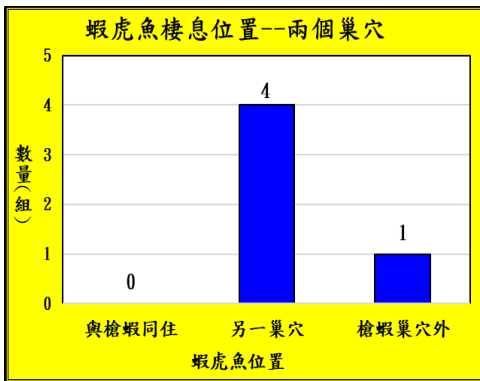
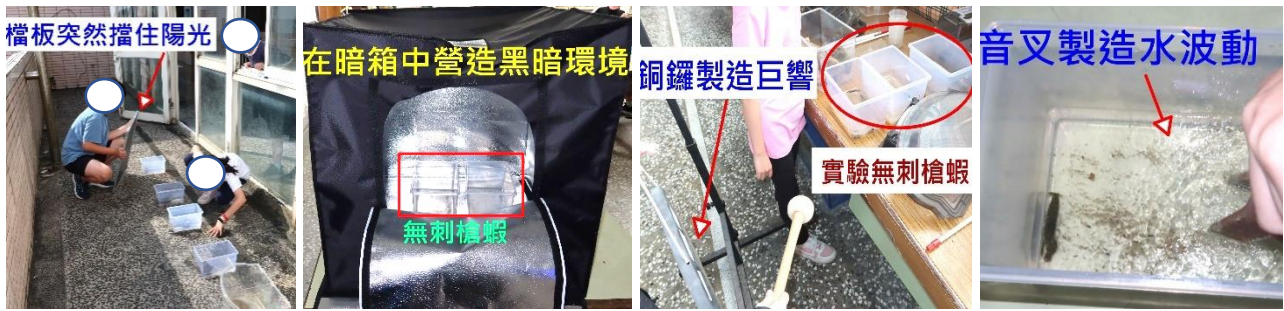


圖4-1-5-1:兩個巢穴實驗結果圖

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—空氣砲防禦：實驗4-2-1 環境刺激(光、聲音、水波)

☆方法：透過環境改變，記錄無刺槍蝦防禦反應行為，包含：不動、微微震動、退開、打空氣砲。(每組10隻)

1. 光：在陽光下突然遮住光線，以及在黑暗中突然產生亮光。
2. 聲音：在無刺槍蝦旁突然敲擊銅鑼，產生巨響。
3. 水波：利用敲擊音叉放入水中，產生水波。



◎光線刺激(明變暗) ◎光線刺激(暗變明) ◎聲音刺激(大銅鑼) ◎水波刺激(音叉)

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

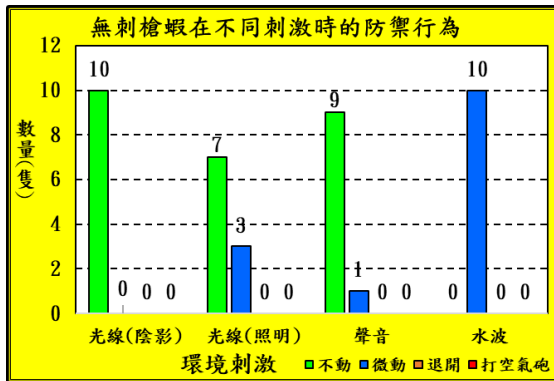


圖4-2-1-1: 不同環境刺激下的防禦行為

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—空氣砲防禦：實驗4-2-2 物體刺激(飼料、砂石、毛刷)

☆方法：1. 利用不同物體(飼料、砂石、毛刷晃動及毛刷進逼)靠近無刺槍蝦，記錄牠們防禦反應行為，包含：不動、微微震動、退開、打空氣砲。(每組10隻)

2. 毛刷以不同方式刺激無刺槍蝦，記錄牠們空氣砲防禦的次數(1分鐘內)，(1)在槍蝦前微微晃動；(2)快速逼近槍蝦。(各5組再取平均值) (作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)



◎投擲飼料刺激

◎投擲小砂石刺激

◎毛刷晃動靠近刺激

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

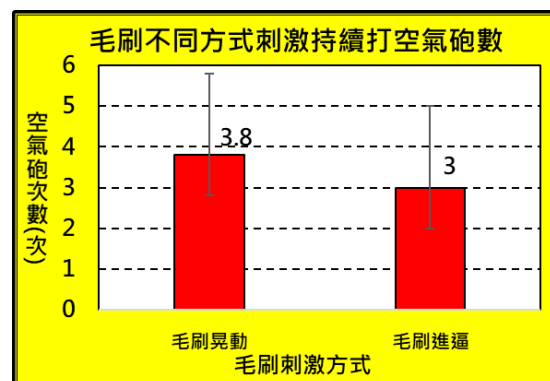
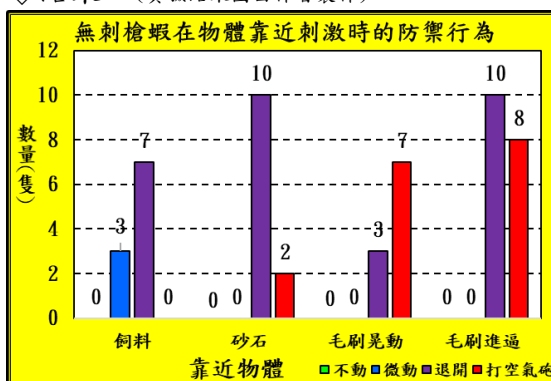


圖4-2-2-1: 不同物體靠近刺激下的防禦行為

圖4-2-2-2: 毛刷不同方式刺激出現空氣砲數

五、無刺槍蝦的領域行為：實驗5-1 同種間(2隻)

★動機：野外發現的無刺槍蝦經常會有公母同住，卻從沒發現同性別同住的狀況，難道牠們不能容忍同性別住在一起嗎？

☆方法：1. 無巢穴：利用10cm*10cm*10cm 的方形盒，分別放入兩隻公、兩隻母以及一公一母的組合，觀察是否有出現打空氣砲驅離、打鬥狀況，觀察3分鐘，各進行5組實驗。



◎公對公組合

◎母對母組合

◎公對母組合

2. 有巢穴：改用20cm*15cm*12cm 較大的飼養箱，先在角落黏上一3D 列印巢穴，再分別放入兩隻公、兩隻母以及一公一母的組合，每組進行24小時錄影，紀錄驅離、打鬥次數。

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

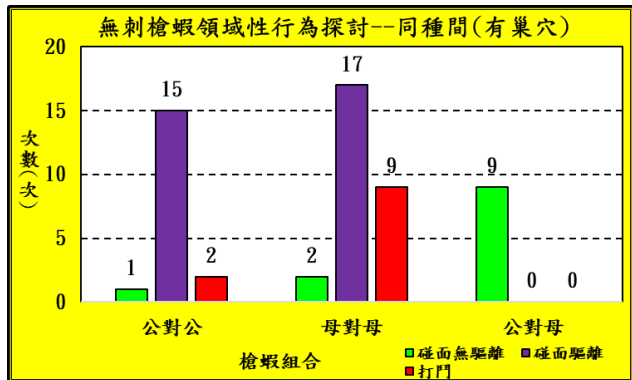
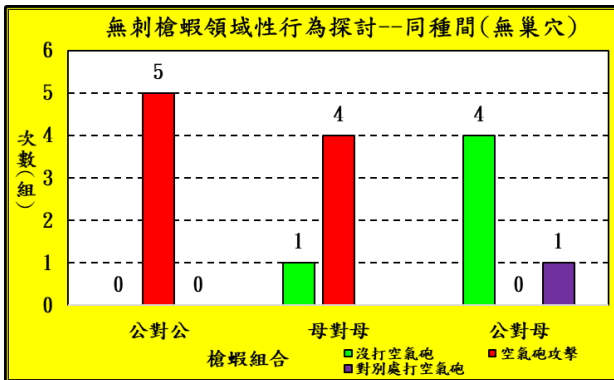
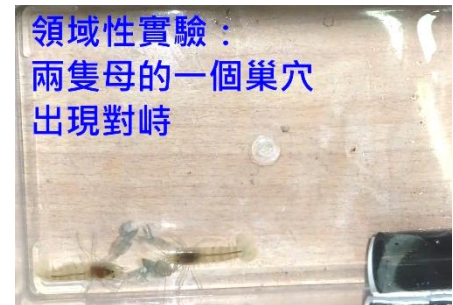
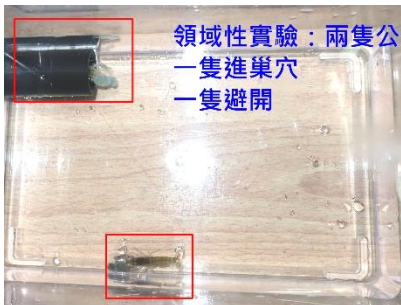


圖5-1-1: 同種間領域性行為結果圖(無巢穴)

圖5-1-2: 同種間領域性行為結果圖(有巢穴)



◎較強的一隻公槍蝦佔據巢穴

◎較強母槍蝦佔據巢穴

◎兩隻母槍蝦發生對峙、打鬥

(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

五、無刺槍蝦的領域行為探討：實驗5-2 同種類間(有巢穴--多隻)

★動機：如果數量不只2隻，牠們彼此之間是否還是有一樣的領域性，會同性排斥呢？

☆方法：1. 利用20cm*15cm*12cm 飼養箱，在兩個角落分別黏上一3D 列印巢穴，第一組放入2公1母無刺槍蝦，第二組放3隻母無刺槍蝦進去，進行24小時錄影，紀錄驅離、打鬥次數。
2. 從影片中記錄無刺槍蝦出現空氣砲時，是攻擊對方的正面、側面或是背面。

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

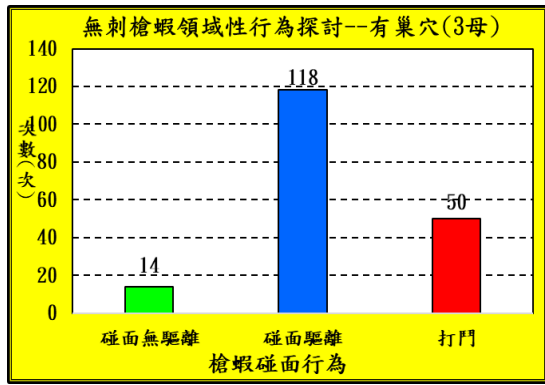
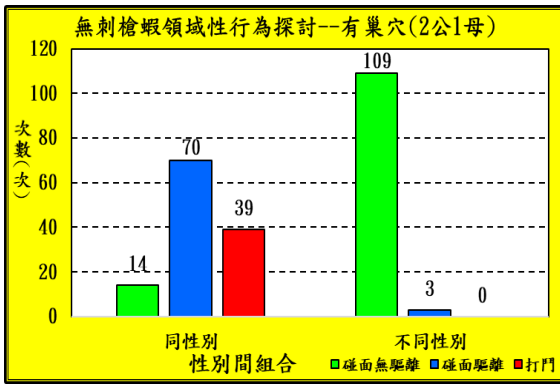


圖5-2-1: 同種間領域性行為結果圖(2公1母)

圖5-2-2: 3隻母槍蝦結果圖

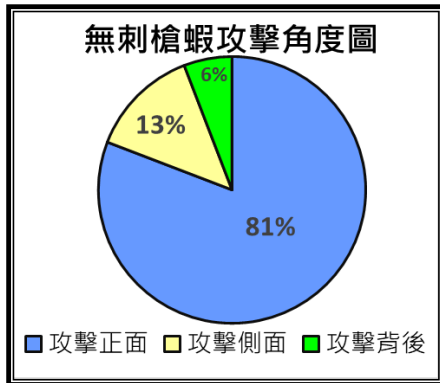
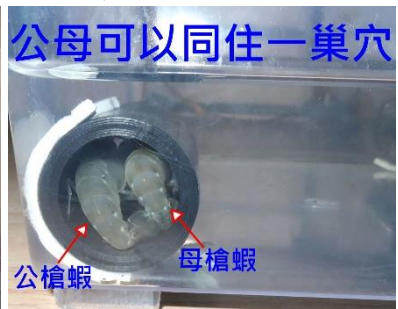
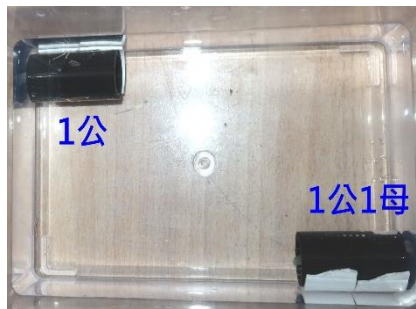
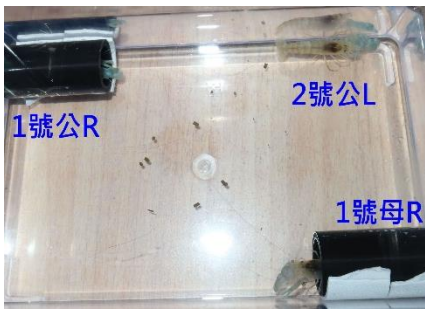


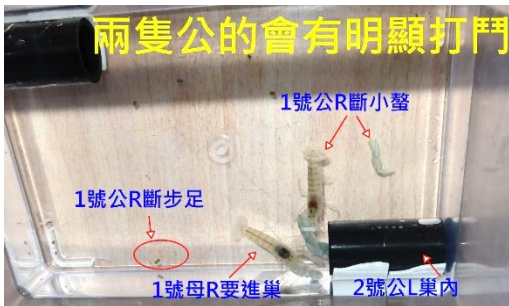
圖5-2-3: 無刺槍蝦攻擊對方位置比率圖



◎2公1母兩個巢穴

◎公母可以同住一巢穴單獨住穴

◎公母擠同一巢穴



◎兩隻公經常有打鬥行為



◎3隻母的彼此間頻繁打鬥，最後僅最強勢的存活

(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

五、無刺槍蝦的領域行為探討：實驗5-3 不同種間

☆方法：1. 在有3D 列印巢穴的飼養箱中，分別放入無刺槍蝦跟細角槍蝦、鮟鱇蟹、寄居蟹、梭子蟹，進行24小時錄影，再紀錄驅離、打鬥次數(每種各兩組)。



◎無刺槍蝦與細角槍蝦 ◎無刺槍蝦與皺蟹 ◎無刺槍蝦與寄居蟹 ◎無刺槍蝦與梭子蟹

◇結果：(實驗結果圖由作者製作)

(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

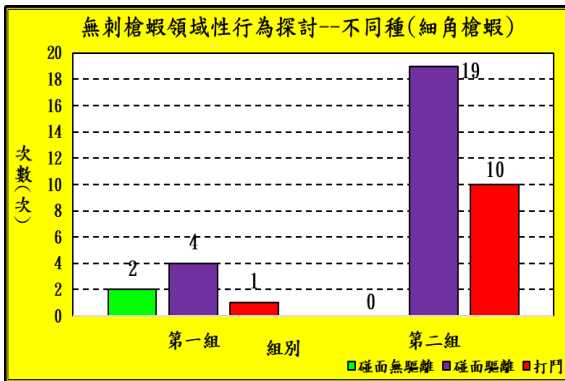


圖5-3-1:細角槍蝦和無刺槍蝦打鬥狀況圖

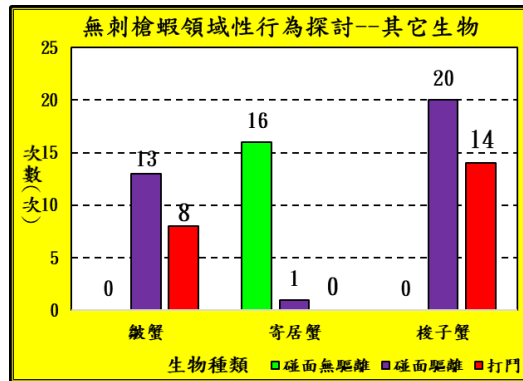


圖5-3-2:無刺槍蝦與其他生物領域性行為

肆、討論

一、無刺槍蝦的外型特徵：實驗1-1 槍蝦外觀

1. 無刺槍蝦顏色變化很大，從褐色到棕綠色，深淺也不一，有些顏色非常淡，腹部的背面有較深色的橫帶，兩側各有兩個小黑點，大螯特化膨大，大、小螯上都有許多成簇的剛毛，步足略顯紫色，步足關節的地方呈現白色。
2. 公母外觀、大小都極為相似，都具有誇張膨大的大螯，但不一定在左或在右，而完整的小螯形態，則因公母而有不同，公槍蝦小螯呈現老虎鉗狀，母槍蝦則是呈現剪刀狀。但這部份文獻並未提到，因此可能還要做更多實驗來確認。

一、無刺槍蝦的外型特徵：實驗1-2 大小螯變化

1. 從結果1(大小螯都斷)中可以發現，原本大螯在”左”的無刺槍蝦，經過30天左右出現新的左右螯，但都是小螯形態(剪刀狀)，看不出大螯是否有左右更換，但到了約100天，左邊的螯稍微較右邊的大，已經可以看出大螯仍然維持在左邊，150天後，左邊的大螯便非常明顯，也就是說大螯並沒有更換左右位置。
2. 但情況二(只斷大螯)卻有不同的結果，原本大螯在左的無刺槍蝦，在斷了大螯之後，不到30天，右邊的小螯已經有長成大螯的形態，而左邊則長出很小的螯，60天時，右邊已經有很巨大的大螯，不過左邊的小螯還不是很大，90天時，左邊的小螯已經很明顯，大螯的位置從左邊變成右邊。
3. 同樣都有斷大螯，但情況二的小螯沒有斷，由小螯長成大螯的時間(不到30天)，明顯比從零開始長(至少100天)快很多，大螯對槍蝦來說是很重要的攻擊與防禦武器，為了更快恢復，牠們選擇從小螯直接變大螯，而斷大螯的位置則會再長新的小螯(不到30天就會長)，這也是為什麼牠們的大螯不會都在同一邊的原因，讓自己可以很快有大螯保護自己。

一、無刺槍蝦的外型特徵: 實驗1-3 打空氣砲的大螯構造

1. 無刺槍蝦的鉗子上有兩邊對應的特殊結構：一邊是一個凹槽(不可動指上)，另一邊是形狀對應的凸起(可動指上)。根據一項研究的說法(海生館)，當鉗子快速合上時，凸起會把凹槽中的水快速地擠出去，產生一股高速的水流。而在高速水流的周圍，又會產生漩渦。當流速快到一定程度之後，在漩渦中就會產生局部的低壓，促使空泡產生。接下來，隨著空泡被壓扁，局部的液體重重地撞到一起，衝擊波就這樣產生了。

二、無刺槍蝦的棲地與築巢: 實驗2-1 棲地環境

1. 潮間帶的無刺槍蝦在退潮時，可在兩種環境發現，第一種是在潮池內的大石頭下，即使大退潮，石頭底下大部分都還有積水；第二種環境是在海蝕平台裂縫間小水池內的石洞，即使退潮，裡面也還是有海水。共通點是即使在乾潮，也還是有海水，並且都有很好的石洞可以躲藏。

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-2-1 巢穴選擇：透光與不透光

1. 當不透光巢穴靠在飼養箱邊緣時，12次的實驗中，3小時後無刺槍蝦都是住在不透光巢穴(圖2-2-1-1)，但我們發現無刺槍蝦幾乎都是沿著飼養箱邊緣移動，也就是說3個小時可能都只碰到不透光巢穴，造成實驗多了一項變因(靠邊緣/不靠邊緣)。
2. 為了先了解靠不靠邊緣的變因，是否影響無刺槍蝦選擇巢穴，我們將巢穴對調後(改成透光巢穴靠邊緣)，結果出現很大變化，槍蝦一放進去，有超過一半是住在靠邊緣的透光巢穴(7組)，3小時後，選擇透光巢穴的甚至增加了(8組)(圖2-2-1-2)，顯然”沿著物體邊緣爬行”的行為確實影響牠們對透不透光巢穴的選擇。
3. 那到底透不透光會不會影響牠們對巢穴的選擇呢？我們將”靠不靠邊緣”的因素去除掉，讓透光與不透光巢穴都靠邊緣，結果發現，無刺槍蝦12組都選擇不透光巢穴(圖2-2-1-3)，也就是說在都可以碰到巢穴情況下，牠們確實會比較喜歡不透光巢穴。
4. 文獻上提到槍蝦視力不好，因此會沿著物體邊緣移動，野外找到牠們時，多半也會貼著石頭邊緣爬行，再找縫隙鑽進去，但從我們實驗結果可以發現，雖然視力不好，仍有能力感受不同強弱的光線，因此即使在巢穴內，但因透光的關係，還是會有出來再尋找的動作，除非怎麼繞都還是沒有更好的，才會一直住在透光巢穴。

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-2-2 巢穴管徑大小

1. 小個體的無刺槍蝦不管一開始在哪個巢穴，30分鐘後都選擇在口徑1公分的巢穴，中大型的則可能待在口徑1或2公分的巢穴，較大體型的槍蝦似乎有選擇稍大巢穴的現象。(圖2-2-2-1~3)
2. 無刺槍蝦一放進飼養箱，大部分會進去先碰到的巢穴，但不管覺得適不適合，都會有再出來的行為，在飼養箱繞來繞去，感覺像是在對環境做探索，最後會在某一個巢穴住下來，因為裡面只有三種巢穴，在這樣情況下，好像牠們會選擇巢穴內空間不要太大的，更貼合自己身體大小的，因此4.5公分大體型的槍蝦，也有住進1公分口徑小巢穴的情況，但3.2公分小個體槍蝦，則不會住進2或3公分口徑的大巢穴，可能對牠們來說，較貼身的巢穴比較容易防止敵人入侵。
3. 此實驗結果正好可以說明第49屆全國科展”短脊槍蝦配對行為研究”(吳承偉等2009)中提到，較大的巢穴口徑，不一定會獲得較高配對率，原因應該就是槍蝦對巢穴大小選擇時，會考慮到自身大小，過大、過小都不是牠們優先選擇的巢穴。

二、無刺槍蝦的棲地與築巢: 實驗2-2-3 巢穴選擇：巢穴長度大小

1. 不同體長大小的無刺槍蝦對巢穴長度的選擇也有些不同，在相同口徑下，大體型的槍蝦，偏向選較長的巢穴，小體型的則可以接受長度沒那麼長的巢穴(圖2-2-3-1~3)，這樣的結果與前面口徑大小選擇的結果相類似，也就是說無刺槍蝦對巢穴的選擇是會考慮到自己身體大小的。

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-2-4 巢穴選擇：巢穴開口數量

1. 實驗結果呈現兩極化，雙數開口的巢穴(開口數2與4)幾乎沒有槍蝦進駐，而開口數1跟3的分別進駐5次與4次，仔細比較奇數與偶數開口巢穴的差異，偶數開口的巢穴是兩邊相通，若有入侵者，可能可以從背後進來，而奇數開口巢穴則一定有一個開口的背後是不通的，槍蝦住在開口數3的巢穴時，也是躲在背後沒有直接通路的孔洞。



(作者進行實驗，照片由老師拍攝，再由作者進行編輯)

◎槍蝦不太會住在兩邊相通的巢穴

2. 由此可知，重點不在巢穴有多少開口數(越多可讓牠們有多個進出通道)，而是背後是否有開口，槍蝦更在意背後是否安全。
3. 在”短脊槍蝦配對行為研究”(吳承偉等2009)中有提到開口數多的，槍蝦配對率較高，但因為研究中最多只做到開口數3，開口數3可以獲得較高配對率，還是可以理解，但為何開口數1的與2的數據相近，這與我們的研究結果是有些出入的，雖然我們的實驗是單隻槍蝦對巢穴開口數喜好選擇，但兩隻配對，應該也是要先符合單隻選擇的原則，因為一定是一隻先進去，才会有另一隻進來。吳等研究是同時擺放很多樣本數，但因為無刺槍蝦數量並沒有多到可以進行大量配對實驗，因此暫時難以驗證。

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-3-1 會搬東西到巢穴嗎？搬甚麼？

1. 不管是天然的貝殼、珊瑚石或甚至人工的彈珠，一天後雖然還有一些沒有被移動到，但三天後，幾乎都在槍蝦躲藏石頭的旁邊或角落。(圖2-3-1)
2. 無刺槍蝦在沒有其他選擇下，即使光滑的彈珠也會想辦法推回巢穴附近，可見得牠們很在意巢穴是否真的夠安全。
3. 搬運東西到巢穴內外並不是短時間就結束，從影片可以觀察到，雖然第一天大部分就已經搬完，但每一隻槍蝦都還是會在巢穴附近移動，也有細微的搬動，最後把所有可以用的東西都搬到巢穴旁。

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-3-2 築巢行為：搬移沙石

1. 沙石放在巢穴內時(圖2-3-2：20顆在巢內)，無刺槍蝦會去搬動它們，但不一定是搬出去，個體小的槍蝦會將沙石搬到巢穴洞口，像是要把洞口堵小一點，確保自身安全，但如果個體大的，反而是將砂石移到巢穴外，這跟前面巢穴大小實驗相吻合，大的槍蝦會選較大的巢穴。
2. 沙石放在巢穴外較遠處時(圖2-3-2：20顆在巢外)，無刺槍蝦出巢穴活動時，碰到那些沙石便會開始搬動，一顆一顆的搬回巢穴洞口，但如果是個體比較大的槍蝦，雖然牠們也

搬沙石回巢穴，但並不會搬進巢穴內，而是擺在洞口外，感覺像是延長巢穴，讓自己的巢穴更長。

3. 沙石數量增加到50顆時(圖2-3-2：50顆在巢外)，得到的結果是一樣的，牠們會全部利用，甚至有兩隻將部分沙石放到巢穴上方，而當沙石增加到500顆時(圖2-3-2：500顆在巢外)，如果給牠們足夠的時間，牠們一樣可以把那些沙石都搬回巢穴附近堆放，而且很明顯地都是在洞口附近，在我們選用的透明3D 巢穴便可以很明顯觀察到，不是洞口的巢穴區域，無刺槍蝦並沒有做太多擺設，洞口附近連巢穴上方也擺滿沙石，也就是說，當牠們已經確定哪裡是巢穴的進出口時，牠們會儘可能地讓那個位置更安全。
4. 當飼養箱底部鋪滿沙子時，無刺槍蝦的這些沙子的處理方式有些不太一樣，牠們會利用腹足快速撥動沙子，將沙子推開(並不是用來蓋住巢穴)，因此巢穴內並不會有沙子堆積，不過會挑選較大顆的沙石，將這些沙石帶回巢穴洞口，似乎知道大顆的沙石比較可以堆出自己想要的洞口。

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-3-3 築巢行為：離開巢穴會再回原巢穴嗎？怎麼回去？

1. 3D 列印巢穴環境中，無刺槍蝦在有威脅跟沒有威脅情況下，找巢穴與回巢穴的行為有明顯的差異，在沒有威脅情況下，牠們在巢穴的時間明顯比較久，會沿著盒子邊緣繞，或甚至在盒內四處繞，碰到巢穴又會再進去。但如果是有威脅情況，無刺槍蝦會不斷出巢穴驅離外敵，但時間都不會太久，也不會離巢穴太遠，多半都是”倒退”回去，似乎怕找不到巢穴。
2. 在天然沙石環境下，無刺槍蝦多了”經營巢穴”的行為，沒有威脅時，會四處爬，在盒子角落都會有挖沙的行為，似乎要試試能不能建新的巢穴，但最後都還是回到原巢穴，回到原巢穴，會有搬大沙石堆在洞口的行為，而一但有威脅存在，牠們則多半在洞口附近活動，回巢也是以”倒退”方式回巢。

二、無刺槍蝦的棲地與築巢：實驗2-3-4 築巢行為：野外實際狀況

1. 透過實際潮間帶環境測試下，無刺槍蝦對於躲藏的巢穴，確實有經營與搬運砂石的動作，5組的實驗樣本中，最快的在10分鐘內便開始清理洞口的砂石，其他較慢的也在30分鐘左右會開始有動作，而牠們對砂石堵住洞口的處理方式與實驗室實驗的結果相似，會利用小螯將砂石一顆一顆的移到外面，維持可以進出的洞口大小。
2. 值得注意的是，牠們並沒有清理掉所有的砂石，只是開出一個讓自己可以進出的大小的石洞，並將要移出的砂石堆放在洞口外，不會刻意移到很遠的位置，看起來是想讓巢穴更為隱密與堅固，但實際上，自然環境下，並沒有發現這些砂石在槍蝦洞口，推測應該是每天潮水的沖刷，很難有砂石可以留得下來，因此就無刺槍蝦而言，即便牠們有經營巢穴行為，但最理想的方式，還是尋找天然堅固石洞或大石塊底下。

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-1 無刺槍蝦的繁殖期

1. 經過一年多的調查，發現雖然每個月發現無刺槍蝦的數量不一定，但幾乎都有出現抱卵的個體(圖3-1)，也就是說牠們一整年都可以繁殖。
2. 冬季槍蝦的數量較少，有抱卵的母個體會更少一些，到了夏季，不但調查區域內槍蝦數量變多，而且超過一半的母槍蝦都有抱卵，因此雖然一整年都可以繁殖，但還是以夏季較為活躍。

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-2 繁殖行為

1. 野外採集抱卵母槍蝦，雖然不確定已抱卵多久，但四隻的結果都蠻接近的，在單獨飼養

觀察下，卵在第17天孵化，孵化後依然單獨飼養母蝦，過了15天，再次出現抱卵，也就是母槍蝦在沒有另外交配情況下，還可以繼續抱卵，不過卵數量明顯少很多，這與有些文獻上提到相吻合，公槍蝦會將精莖放到母槍蝦體內，因此即便沒有再次交尾，母槍蝦體內的精莖仍留有部分精子，第二次抱卵完整記錄20天，不過孵化後的小槍蝦則很難在實驗室存活。

2. 實驗室刻意公母同住，4組實驗中，只有一組出現母槍蝦抱卵，卵一開始是深綠色，14-16天綠色越來越淡，17-18天可以見到黑色的眼睛，19天時卵綠色部分幾乎消失，隔天便會孵出0.1-0.2cm的小槍蝦，總時間約20天。
3. 野外母槍蝦不管有沒有抱卵，幾乎都會跟公槍蝦同住，至於同住了為什麼沒有抱卵，可能要再進行更多實驗來確認。

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-3-1 如何找到對方形成配對(1公1母)：中型魚缸

1. 從結果中可發現，不管是公的、母的都會沿著魚缸壁更換石頭，換了石頭後還會在石頭下推沙出去，像是想要挖出一些活動空間，而這個更換石頭的行為並沒有因為公母碰面而停止(其中出現15次在同一石頭)。(圖3-3-1)
2. 移動過程中，並看不出有甚麼特別找配偶的行為出現，大多都是沿邊緣爬來爬去，碰到石頭就進去，接著可能挖沙做巢穴，如果剛好有碰到對方，便會有觸角、螯互碰的行為出現，可是沒多久又更換位置，反覆更換的行為是對環境不滿意？還是不能接受對方而在找其它隻槍蝦呢？
3. 即使是一公一母在同一環境，也不見得一定穩定配對同住。

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-3-2 如何找到對方形成配對(2公2母)：中型魚缸

1. 雖然增加槍蝦的數量，但這四隻槍蝦反而出現更頻繁的移動現象，彼此碰面的頻率很高，過程中也有出現公母躲在同一石頭的情況(89次)(圖3-3-2-1)，但同住在同一石頭的時間都不長，沒多久就會有一隻離開石頭，依然看不出來找到配偶的方式。
2. 同性碰面出現打鬥，異性碰面雖然較少有打鬥情況(圖3-3-2-2)，但也沒有因此而配對同住，頻繁的碰面打鬥，會不會是造成牠們沒能配對同住的原因呢？

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-3-3 如何找到對方形成配對(2公2母)：大型魚缸

1. 雖然加大槍蝦活動範圍，但從第一天的結果圖可以發現(圖3-3-3-1)，每一隻更換石頭的頻率還是很高，雖然也有公母一起待在同一石頭下的情況(45次)，但一樣沒有維持很久的時間，同住的公母槍蝦，其中一隻又會開始換位置，似乎還沒有真正達成配對同住。
2. 槍蝦間碰面的情況雖有減少(可能是範圍變大了)，但一天中仍有多次碰面的情況，有時無打鬥(同性5次，非同性33次)，有時仍有出現打鬥、對峙的情形(同性15次，非同性4次)(圖3-3-3-2)，也就是每隔一段時間就有同性的槍蝦靠近，這種同性間互相排斥的行為，有沒有可能讓要配對的槍蝦難以達成配對？因為野外調查的結果中，幾乎沒有發現3隻以上的無刺槍蝦住在同一石頭下。
3. 第二天的結果出現巨大變化，原本頻繁換位置的情況消失，只剩一隻母的(F2淺)還有在換位置，造成公母短暫同住1次，另一組則是一直在同一石頭下(M2F1)，就算有出巢穴，也會回原巢穴，並沒有再更換對象(圖3-3-3-3)。
4. 為確認牠們真的是”配對”後長時間同住，而不是因為低溫造成不太活動，我們利用加熱燈加熱，使水溫上升3-5度後，結果M2F1依然同住，影片中可觀察到牠們只會在躲藏石頭周圍活動，幾乎沒有較長距離的更換位置(圖3-3-3-4)，似乎是配對後，便較少有長距

離的移動，而配對前的頻繁更換位置，或許其中一個原因，就是為了找到配對對象，一旦配對成功，便減少長距離移動。

5. 目前看起來，牠們的找配偶過程並沒有很有效的機制，比較像是沿著石塊邊緣隨機四處爬，有石頭就進去挖沙，若有其他槍蝦在裡面，同性別的便出現打鬥、驅離，異性的便有觸角、螫互相碰觸的舉動，不會出現打鬥，互相接受了便有可能配對同住。

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-3-4 如何找到對方形成配對(2公2母)：更換槍蝦

1. 有了新的一隻母槍蝦進去後，原本平靜的不太移動的槍蝦，開始有了變化，特別是原本有跟 M1(公槍蝦1)配對的 F2(母槍蝦2)，幾乎一直在換位置，出現公母同住達43次(圖3-3-4-1)，從影片可以看出，新加入的母 F1只要有機會，就對 F2進行攻擊、追逐(圖3-3-4-2)，而公的 M1則大部分時間維持在同一石頭下，母槍蝦 F1與 F2間的打鬥，似乎對公槍蝦沒有任何影響。
2. 新加入的母槍蝦 F1極為強勢的攻擊 F2，雖然很早就與 M1同在一石頭下，但還是常常離開石頭去攻擊 F2，最後新加入的 F1不但成功與 M1配對，而原本的母槍蝦 F2也在隔天死亡，這個結果透漏了幾個訊息，(1)較強勢的槍蝦會霸佔別隻的配偶；(2)當周遭還有其他同性別槍蝦時，即便自己已經可以配對，還是會出去攻擊對手，直到另外一隻完全沒有還擊能力；綜合上面結果，難怪在野外很少有三隻以上的無刺槍蝦同住，就算在同一大石頭下，也會在不同方向。

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—與蝦虎魚共棲：實驗4-1-1 槍蝦棲息區域是否都有黑深蝦虎魚

1. 退潮時，翻石頭找到無刺槍蝦的機率並沒有很高，因此我們累計一年多來每月發現無刺槍蝦的區域數量，共有70區，其中有62區同時發現無刺槍蝦跟黑深蝦虎魚(圖4-1-1-1)，也就是說，一旦找到無刺槍蝦，不管是一對或單隻，同一石頭周圍有很高機率可以發現黑深蝦虎魚的蹤跡。
2. 雖然同時發現的機率很高(62/70)，但我們發現黑深蝦虎魚幾乎每個潮池都可以找得到，很多沒有槍蝦的小池子，裡面也會有黑深蝦虎魚，因此只能說棲息環境有重疊，不一定是共生。

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—與蝦虎魚共棲：實驗4-1-2 是否和平共處

1. 從影片中發現，槍蝦大部分時間在巢穴內，蝦虎魚則有時在巢穴旁，有時在角落，當槍蝦出來靠近蝦虎魚時，蝦虎魚會有微微退開的行為，因此幾乎沒有互碰對方的狀況，更沒有槍蝦用觸鬚搭在蝦虎魚身上的情形，快碰觸到時，蝦虎魚會退開(11次)(圖4-1-2-1)，而槍蝦並沒有出現追逐或攻擊的行為。
2. 即便縮小活動範圍，增加牠們彼此碰觸的機會，但很少碰觸在一起，快碰觸到便會離開(6次)，但仍沒有出現打鬥或驅趕(圖4-1-2-2)，也就是不管有沒有共生，但牠們是可以和平共處的，難怪野外有無刺槍蝦的池子都可以發現黑深蝦虎魚。
3. 圖4-1-2-2中 C 組有出現一次的槍蝦攻擊，從影片中看到巢穴內的槍蝦要出來，剛好蝦虎魚在洞口，突然的碰到，槍蝦便利用空氣砲攻擊，蝦虎魚退開一小段距離，而槍蝦則退回巢穴，並沒有持續追擊，看起來比較像是不確定是誰，試探性地打空氣砲來自保。

四、無刺槍蝦的共棲與防禦：實驗4-1-3 鋪上天然沙石

1. 在影片結果中，我們發現槍蝦會不斷的搬動石頭，似乎有在加強或改變巢穴形態，而蝦虎魚則只是在附近，多數時間在巢穴周圍，但幾乎沒有跟槍蝦有碰觸，也沒有參與槍蝦搬石頭的行為。

2. 儘管有幾次短暫碰觸，但都是碰觸就分開，並沒有維持碰觸的關係(圖4-1-3)，比較像是無意間的碰觸，值得一提的是，有一組還出現槍蝦對蝦虎魚打空氣砲的狀況，雖然不是很頻繁，也沒有持續追擊，但這也說明無刺槍蝦並不是完全不會對黑深蝦虎魚攻擊。
3. 維持四天觀察與紀錄，都是相似的狀況，而槍蝦的巢穴也沒有讓蝦虎魚進入，但為什麼蝦虎魚要經常的在槍蝦巢穴附近呢？

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—與蝦虎魚共棲：實驗4-1-4 掠食者出現

1. 梭子蟹的加入讓原本都是攻擊者的無刺槍蝦有了明顯的威脅，3組的影片中，都有出現梭子蟹利用大螯攻擊或反擊槍蝦，使得槍蝦不太靠近梭子蟹，而此時的蝦虎魚仍只是在附近，並沒有出現讓槍蝦觸鬚搭在身上，提醒槍蝦有掠食者靠近的行為出現。(圖4-1-4)
2. 體型較大的梭子蟹會佔據巢穴，此時蝦虎魚甚至會停在巢穴上，也就是說，蝦虎魚停在巢穴附近，跟裡面是不是住著槍蝦並沒有關係，或許就如前面實驗得到的結果，蝦虎魚只是想要有個可以躲藏的地方，並沒有打算當巢穴裡面槍蝦的眼睛。
3. 因為有多次槍蝦與蝦虎魚打鬥(A組)，該組蝦虎魚跟槍蝦間也保持距離，彼此靠近時，都有微微退開的動作(60次)(圖4-1-4)，似乎蝦虎魚也感受到打鬥的危險。
4. 但為什麼槍蝦不太攻擊蝦虎魚呢？其實不只槍蝦，其他像梭子蟹、皺蟹也不太攻擊蝦虎魚，可以歸納幾個可能原因，第一個應該是牠們沒有類似蝦蟹的螯，讓對方感到受威脅，多半都是靜靜停在某處，第二個可能原因是牠們有很好的保護色，不動時不容易被發現，就算被發現，牠們瞬間移動的能力也很好，不是一般蝦蟹可以獵捕得到的。

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—與蝦虎魚共棲：實驗4-1-5 巢穴數量增加

1. 只有一隻蝦虎魚的環境下，這隻蝦虎魚是會躲進巢穴內的，偶爾出來覓食，但多數時間都在巢穴內，也就是說蝦虎魚本身會有躲藏在巢穴內的行為。
2. 在兩個巢穴情況下，5組的實驗組合中，有4組槍蝦進了哪一個巢穴，蝦虎魚便進到另一個，此時蝦虎魚幾乎不會在槍蝦巢穴附近(圖4-1-5)，而之前蝦虎魚待在槍蝦巢穴旁(只有一個巢穴)，似乎並不是要與槍蝦合作，或許是為了等待是否有機會躲在巢穴內。
3. 有一組的蝦虎魚在觀察記錄時，停在槍蝦巢穴旁，但當稍有驚擾，牠便進到另一個空的巢穴，看起來，與槍蝦同住似乎不是黑深蝦虎魚的首要選擇。
4. 當無刺槍蝦換成細角槍蝦時，細角槍蝦幾乎不出巢穴，蝦虎魚靠近，細角槍蝦也會立即縮回巢穴；而當黑深蝦虎魚換成同區域可見到的雀鯛時，雖然無刺槍蝦也沒有攻擊雀鯛，但當雀鯛稍微靠近無刺槍蝦巢穴時，雀鯛便會立即游開，並與巢穴保持一定距離，明顯看出對無刺槍蝦是有忌憚的，雖然無刺槍蝦與黑深蝦虎魚之間看不出有共生關係，但牠們的關係確實相當特殊，至少可以共棲、互不侵犯，到底關係有多密切，可能要再進行更多實驗來確認。

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—空氣砲防禦：實驗4-2-1 環境刺激(光、聲音、水波)

1. 在實驗的三種環境刺激下(光、聲音、水波)，無刺槍蝦的反應都不是很明顯，大多是微微震動一下或根本沒受影響(圖4-2-1)，顯然這些刺激對牠們而言並沒有太大干擾。

四、無刺槍蝦的共棲與防禦—空氣砲防禦：實驗4-2-2 物體刺激(飼料、砂石、毛刷)

1. 物體掉落時或晃動時，對無刺槍蝦的刺激明顯較大，飼料、砂石是從上方掉落靠近，飼料較輕，因此大部分只有讓槍蝦退開，而較重的砂石掉落，除了讓槍蝦退開外，也有兩次打空氣砲的防禦行為出現，這些都是突如其來的刺激，因此這個空氣砲比較像是本能的防禦反應，但當毛刷持續在前方微微晃動時，雖也有3隻退開，但有7隻槍蝦主動”

靠近”打出空氣砲(圖4-2-2-1)，這似乎比較像是主動性的驅離，視力不好的槍蝦可能覺得有東西一直在前方”動”，但無法確定是甚麼，因此便趨前打出空氣砲來驅離對方。

2. 如果毛刷忽然快速逼近，無刺槍蝦每次都會以快速退開的方式來應對(10次)，退開的同時，其中有8隻打出空氣砲(圖4-2-2-1)，也就是說空氣砲確實可以做為槍蝦防禦的武器，但當對方非常強式逼近時，槍蝦除了以快速逃離避敵之外，也會以空氣砲對抗入侵者。
3. 空氣砲是否可以連續出現來抵禦外敵，不管是毛刷晃動或是進逼，1分鐘內無刺槍蝦都有超過3次以上連續打空氣砲的行為(圖4-2-2-2)，而且多半出現在前半段時間，似乎是當連續空氣砲沒有產生效果時，便會停止打空氣砲，只採取縮入巢穴躲避。
4. 毛刷晃動與進逼都促使無刺槍蝦連續打空氣砲，但目的可能有些差異，進逼的毛刷像是不斷要攻擊的入侵者，無刺槍蝦出現後退與打空氣砲行為，很明顯是在做防禦的動作；但晃動的毛刷比較像是巢穴外一直有威脅存在，這威脅可能讓牠們覺得不安全，因此出巢穴打空氣砲驅離，比較像是領域性行為表現。

五、無刺槍蝦的領域行為：實驗5-1 同種間(2隻)

1. 從實驗結果得知，不管是無巢穴或有巢穴環境，公對公或是母對母的組合，只要彼此一靠近，就會出現攻擊或躲開的動作，甚至出現打空氣砲攻擊對方的情況，明顯沒辦法同住，反觀公與母的組合，碰面時會以螯互相碰觸，但不會攻擊對方或突然退開，公母可以彼此接受(圖5-1-1、圖5-1-2)。
2. 公對公、母對母組合中，即使較強勢的已經住進巢穴，仍會時不時的出來驅趕另一隻，展現明顯同性排斥的行為。反觀公對母的組合，即使碰觸到對方，也沒有出現驅離行為，也就是說無刺槍蝦的領域行為，並不會表現在同種的異性上。
3. ”公對母”的5組組合中，有一組母槍蝦有出現打空氣砲的行為，但只是對著盒子邊緣打，並不是對著另一隻打，有點像是對環境的試探，並非要做攻擊，這在實驗室時也常發生，因為實驗室飼養都是一隻一個盒子，有時也會聽到打空氣砲的聲音。

五、無刺槍蝦的領域行為探討：實驗5-2 同種類間(有巢穴--多隻)

1. 2公1母的情況下，不管是哪一隻公的與母的碰面，都沒有產生驅離行為(109次)，但兩隻公的之間，則有多達70次的驅離，其中還發生39次的打鬥(圖5-2-1)，也就是說，即使多隻在同一環境，領域行為還是只出現在同性別，異性之間是可以和平相處的，而且不一定要固定同一隻公的。
2. 第二組中，三隻都是母的，因為同性別關係，碰面驅離及打鬥的狀況更加頻繁，三者間出現118次的驅離，其中還有50次的打鬥(圖5-2-2)，隔天僅剩一隻存活，由此可見，在同種、同性別情況下，牠們的領域性行為極為明顯，幾乎一定要讓對方消失或死亡。
3. 清點實驗影片中所有無刺槍蝦有打空氣砲的狀況，120次的攻擊中，有高達81%是面對面攻擊，僅有6%是從後面偷襲，13%是攻擊對方側面(圖5-2-3)，雖然沒有明確記錄到哪一個方式攻擊成功率較高，但從高比例的面對面攻擊來看，牠們可能沒辦法不讓對方察覺自己，當靠近對方時，對方也會立即面對迎戰或退開。

五、無刺槍蝦的領域行為探討：實驗5-3 不同種間

1. 同樣都是槍蝦，也都有可以打空氣砲的大螯，但無刺槍蝦顯然更為強勢，巢穴幾乎都是無刺槍蝦佔據，且會出巢穴來攻擊細角槍蝦，雖然細角槍蝦也會有反擊，但都很短暫，大部分時間選擇縮在角落(圖5-3-1)。
2. 一旦出現打鬥，就很容易持續出現攻擊(實驗第二組驅離19次且打鬥10次)(圖5-3-1)，隔

天這一組的細角槍蝦死亡，無刺槍蝦並沒有將屍體拖回巢穴食用，由此可見，無刺槍蝦對細角槍蝦的的攻擊不完全是為了食物，比較像是對棲息領域或自身安全的維護。

3. 無刺槍蝦並不是對每種生物都有驅離的領域行為，像對躲在螺殼內的寄居蟹，無刺槍蝦幾乎沒有驅離牠們，碰面16次都沒有驅離(圖5-3-2)，甚至還會將牠當作築巢的材料，帶回巢穴堵在洞口，寄居蟹在視力不好的槍蝦面前，可能就只有跟潮間帶環境的沙石、螺殼一樣，不具威脅，而寄居蟹也真的不會攻擊槍蝦。
4. 至於皺蟹與梭子蟹，無刺槍蝦不但對牠們有明顯的驅離行為，甚至有多次攻擊、打鬥狀況出現(圖5-3-2)，若不分離牠們，較弱的皺蟹在多次攻擊下，會因此斷腳、斷螯或死亡，槍蝦對牠們會這麼排斥，有可能是因為牠們都有明顯的螯，移動也很明顯，給槍蝦帶來一定的威脅。
5. 體型較大的梭子蟹不只會反擊槍蝦，有時還會主動挑釁、攻擊槍蝦，造成槍蝦在巢穴內不敢出來，或躲到巢穴上方，也就是說，即使槍蝦可以不碰觸就打空氣砲攻擊，但面對更強勢的生物時，還是會選擇躲藏、退縮。

五、結論

一、外型特徵：

1. 無刺槍蝦公母都有明顯大螯，但小螯型態略有不同。
2. 大螯具有凹凸構造，藉以產生空氣砲，當大螯斷時，會先以原小螯長成大螯，以縮短大螯恢復時間。

二、棲地與築巢：

1. 在沿岸潮間帶，無刺槍蝦會棲息在中低潮帶岩石裂縫間的石洞或潮池的大石頭下。
2. 無刺槍蝦會沿著石頭邊尋找巢穴，而且會有很明顯的巢穴經營行為。

三、配對繁殖：

1. 無刺槍蝦一整年都可以繁殖，在夏、秋時較活躍，抱卵時間約20天。
2. 無刺槍蝦找配偶會沿著石頭邊緣去摸索，有石洞便進去，遇到異性槍蝦便會有螯碰螯觸鬚碰觸鬚的行為。

四、共棲與防禦：

1. 無刺槍蝦和黑深蝦虎魚間僅有共棲關係，並沒有共生的行為。
2. 無刺槍蝦在光、聲音、水波的刺激下，不會有空氣砲反應，只有當有物體靠近時，才會以空氣砲進行防禦。

五、領域行為：

1. 無刺槍蝦有明顯的領域性，特別是對同性別無刺槍蝦或蝦蟹類的生物。
2. 無刺槍蝦察覺有生物在附近時，會先打空氣砲，再以對方後續的行為來判斷要退還是追擊。

伍、參考文獻資料

- 一、陳育賢。2001.海岸生物(一)—台灣潮間帶生物700種(一)。渡假出版社有限公司。
- 二、廖運志等。2015。潮汐的呼喚，探索北海岸潮間帶。交通部觀光局北海岸及觀音山國家風景區管理處。
- 三、施志昀·林家和·賴志威。2010。澎湖潮間帶無脊椎動物圖鑑。澎湖縣政府文化局。
- 四、陳揚文。2011.一個潮池的秘密。行人文化實驗室。
- 五、吳承偉等人。2009年。短脊槍蝦(*Alpheus brevicristatus*)配對行為研究。中華民國第四十九屆國小組生物科科展。

【評語】 080302

這份研究深入描述了東北角礁岩潮間帶常見的無刺槍蝦（*Alpheus lobidens*）的行為與生態特性，尤其是其對巢穴的高度依賴和防禦策略的細膩描繪。研究細緻地描述了無刺槍蝦母槍蝦和公槍蝦在行為上的差異，包括它們對巢穴的挑選和維護方式，以及空氣砲在領域行為和防禦中的應用。

研究主題：

本作品觀察東北角礁岩潮間帶無刺槍蝦的特徵、棲地、繁殖以及探討領域性行為，以及進行人工飼養無刺槍蝦，通過改變不同實驗條件進行觀察記錄。野外觀察時間橫跨一整年，有記錄到季節和母槍蝦抱卵數的關係。並說明了如何通過移動和經營巢穴來使其更適合自身需求，這一點對於了解其生態角色及其在生態系統中的地位至關重要，對蝦類形態生理學或環保人士來說本計畫具有吸引力與重要性。

創意、學術或實用價值：

本研究以東北角潮間帶常見的無刺槍蝦為標的，探討其外型特徵、棲地與巢穴、配對繁殖、共棲防禦與領域性等特質，具有學術與實用價值。探討了無刺槍蝦的防禦策略，特別是空氣砲在驅離潛在威脅和維

護領域安全中的作用。詳細描述了空氣砲對同種類同性別個體之間行為互動的影響，這有助於理解社會結構和溝通方式。利用 3D 列印製作無刺槍蝦模擬巢穴，具電腦與材料應用能力。觀察記錄相當詳實且口語化，易於了解。雖然未詳細描述具體的研究方法和數據收集方式，但研究中提到了觀察行為的具體情境和概率，這些提供了對研究結果可信度的一定支持。

科學方法之適切性：

作者說明了研究目的、詳細列出實驗材料與器材，也提供相關照片佐證實驗結果，並採用室內繁殖箱與棲地觀察共進等方式。觀察時間將近 150 天也算很充實。

總結：

這份研究摘要以其深入的行為觀察和生態學角度的分析，提供了對無刺槍蝦生態行為的深入理解，為該物種的保護與生態管理提供了有價值的參考依據。

作品簡報

同居槍手

東北角潮間帶無刺槍蝦 *Alpheus lobidens*
之生態、配對與領域行為探討



摘要

無刺槍蝦(*Alpheus lobidens*)是東北角礁岩潮間帶常見的一種槍蝦，母槍蝦小螯呈現“剪刀狀”，公槍蝦的則較像是縮小版的大螯，雖有明顯大螯可打出空氣砲驅離入侵者，但其實極為敏感、膽怯，多數時間都是躲在巢穴內，因此對於巢穴極為依賴，透過“沿著石頭邊緣移動”的方式找到適合洞穴，並不斷經營它，使巢穴更適合自己。在防禦上，並沒有依賴蝦虎魚提供警示的行為出現，主要還是以縮進巢穴為主，而空氣砲也在防禦上有一定效用，當不明物體逼近時，退回巢穴的同時，有可能打出空氣砲，但其實空氣砲最大的效用出現在領域行為上，當毛刷在洞口微微晃動時，超過70%的機率牠們會出來用空氣砲驅離，在同種類同性別上，打出空氣砲驅離對方的機率甚至可以超過九成。

壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)

一、研究動機：

潮間帶有很多奇妙的生物，激發了我們想要探究的慾望，風平浪靜時可以聽到微弱但又此起彼落噠、噠、噠的“槍聲”，讓人不禁好奇，是誰在發出聲音呢？經過仔細觀察與文獻比對，發現原來是嬌小的無刺槍蝦呀！那牠們為什麼要發出這種聲音呢？石頭底下的牠們為什麼常常是公母成對的呢？文獻上還有提到槍蝦的視力不好，既然視力不好，那牠們又是怎麼回到巢穴的呢？為了解開這些謎團，我們展開了一連串對槍蝦的研究！

二、研究目的：

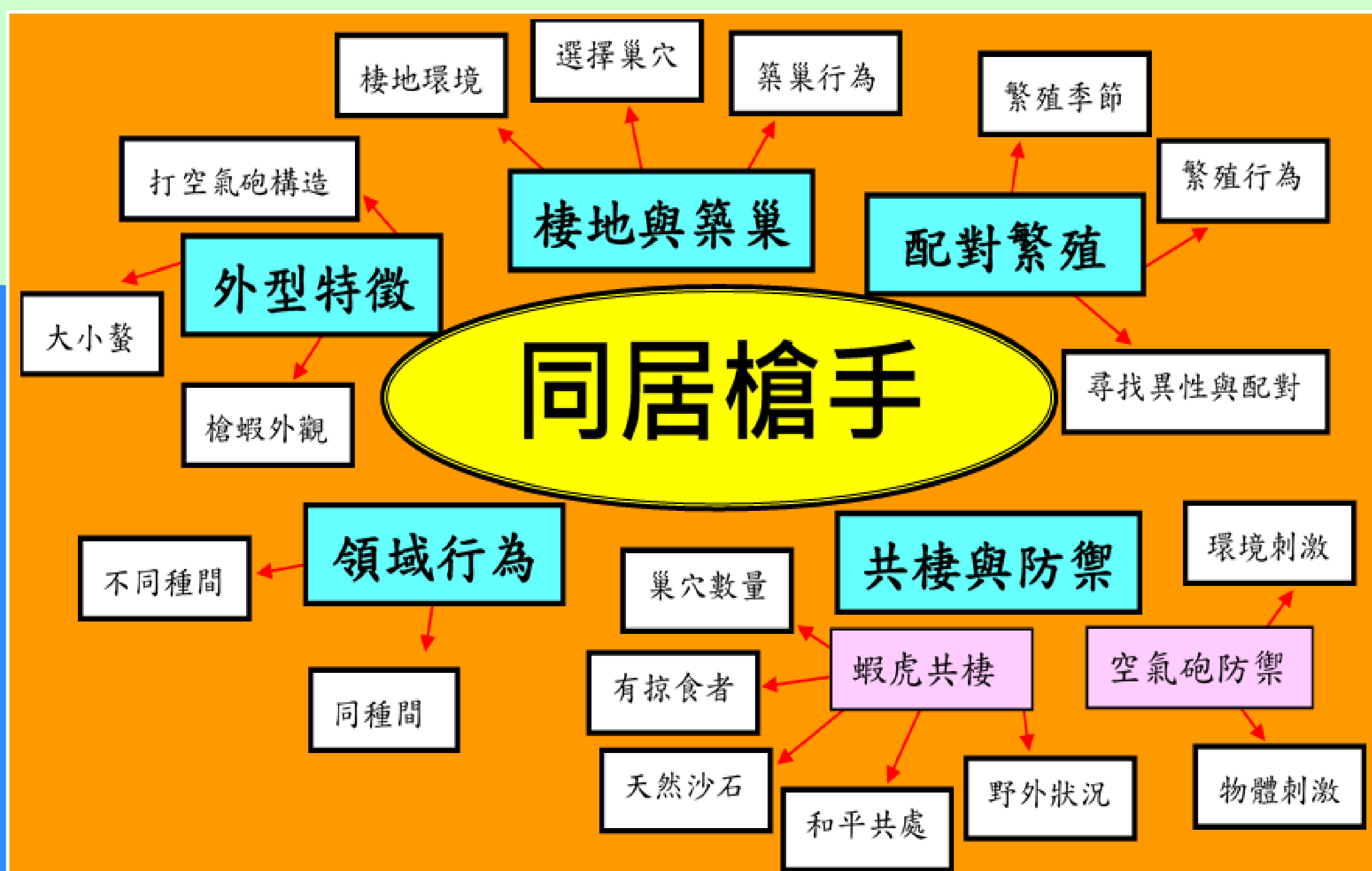
- (一) 探究無刺槍蝦之外型特徵；
- (二) 探究無刺槍蝦之棲地與巢穴；
- (三) 探究無刺槍蝦之配對繁殖；
- (四) 探究無刺槍蝦之共棲與防禦；
- (五) 探究無刺槍蝦的領域性行為。

三、文獻回顧：

- 關於外觀、環境與巢穴：**無刺槍蝦在東北角潮間帶不難發現，不過國內文獻很少針對這個物種進行觀察與研究，提到的多半是粗略的外觀描述或環境介紹，如部分圖鑑都有提到無刺槍蝦步足稍帶紫色，步足的關節是白的(施志昀等。2010；陳育賢。2001)，在陳育賢老師的書中還提到，無刺槍蝦會在潮間帶石頭下的砂礫中挖洞居住，屬於夜行性。
- 關於共生：**有資料提到槍蝦因視力不佳，會跟視力極佳的蝦虎魚產生共生行為，但在陳揚文老師(2011)的觀察紀錄中，表示並沒有觀察到，當時觀察的物種是敏捷槍蝦等種類，常聽到聲音，但沒有觀察到。
- 關於公母配對：**澎湖成功國小在第49屆全國科展曾對短脊槍蝦(*Alpheus brevicristatus*)配對行為進行一系列相關實驗，特別提到雌蝦沒有抱卵、雌雄體型相近及同時置入雌雄槍蝦實驗時，其配對率有越高趨勢。也有提到實驗對數越多、置入大體型雄蝦、實驗室飼養配對時間越短及分離時間越長其配對專一率有越低趨勢，但並沒有提到配對是否只為繁殖，還是有共同防禦等情況。
- 無刺槍蝦分類階層：** Kingdom Animalia 動物界
Phylum Arthropoda 節肢動物門
Class Malacostraca 軟甲綱
Order Decapoda 十足目
Family Alpheidae 槍(鼓)蝦科
Genus Alpheus 槍(鼓)蝦屬
Alpheus lobidens 無刺槍(鼓)蝦

貳、研究設備及器材

- 實驗室飼養(30公分水族箱數組、80公分壓克力大魚缸、檯燈、海水儲存箱10個)
- 攝影記錄組(一般攝影機、縮時攝影機、相機、腳架)
- 巢穴實驗[粗吸管、彈珠、珊瑚石、貝殼、3D列印巢穴(不同口徑、不同長度、透光不透光)、天然砂石]
- 共生實驗(黑深蝦虎魚、細腳槍蝦、雀鯛)
- 領域性實驗(細腳槍蝦、梭子蟹、近緣皺蟹、寄居蟹、長臂蝦)
- 野外調查(透明碟子、網子)
- 空氣砲防禦(攝影用暗箱、大銅鑼、音叉、細毛刷)



參、研究方法與研究結果

一、無刺槍蝦的外型特徵：

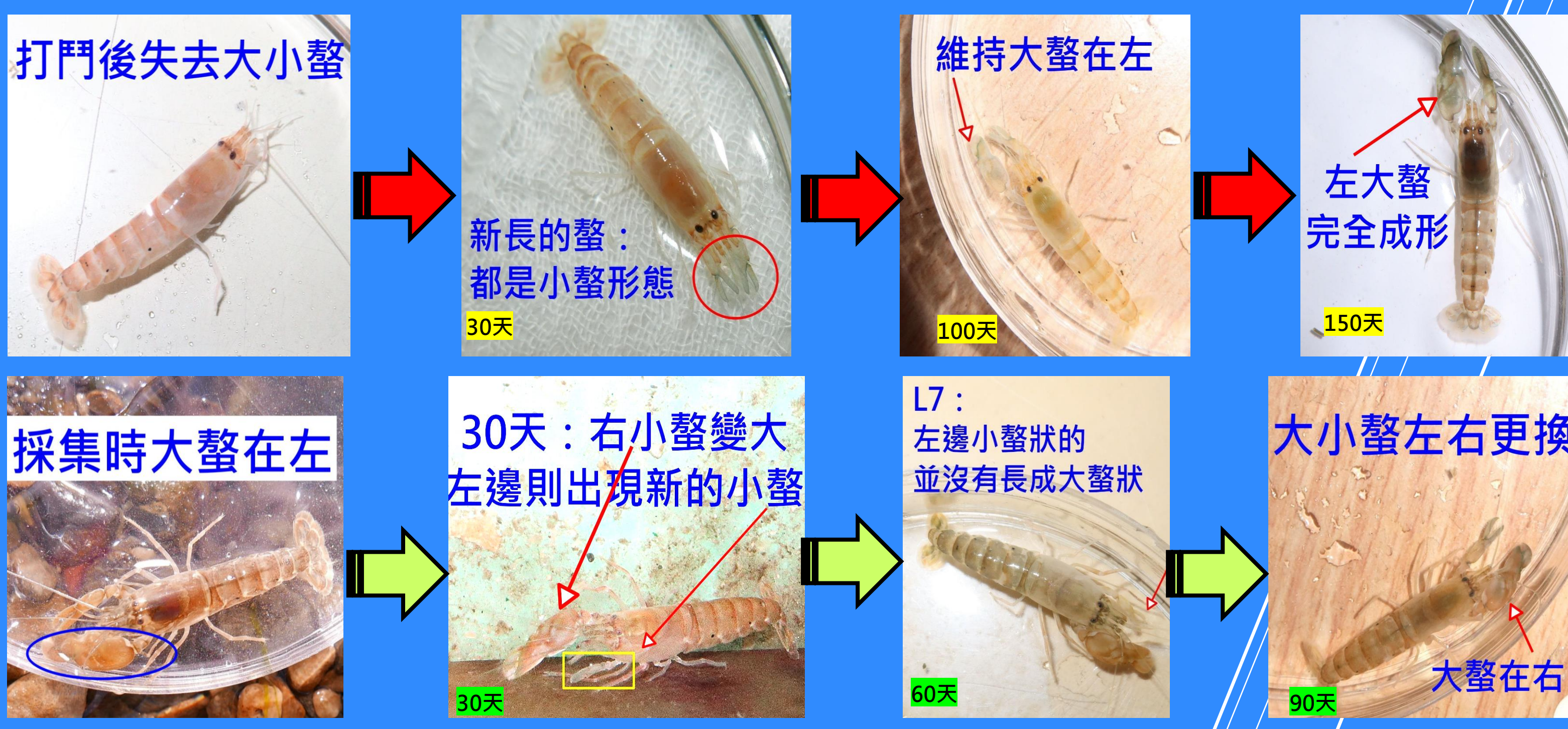
公母外觀、大小都極為相似，差異主要在小螯的型態，公槍蝦小螯呈現老虎鉗狀，母槍蝦則是呈現剪刀狀。



實驗1-1 槍蝦外觀

實驗1-2 大小螯變化

重新長“大螯”的時間較長，因此如果小螯沒有斷，無刺槍蝦會直接將小螯轉成大螯，另一邊則長出小螯，在最短時間恢復大螯。



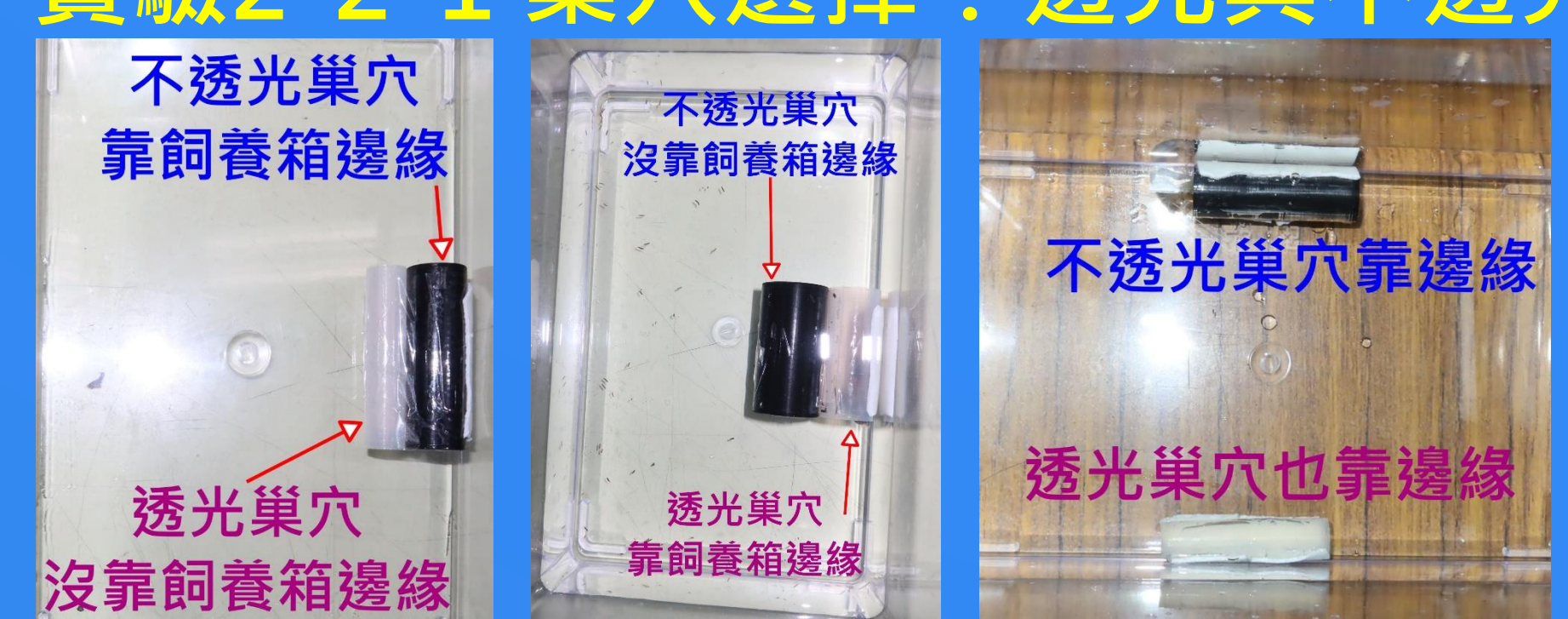
實驗1-3 打空氣砲的大螯構造



二、無刺槍蝦的棲地與築巢: 實驗2-1 棲地環境



實驗2-2-1 巢穴選擇：透光與不透光

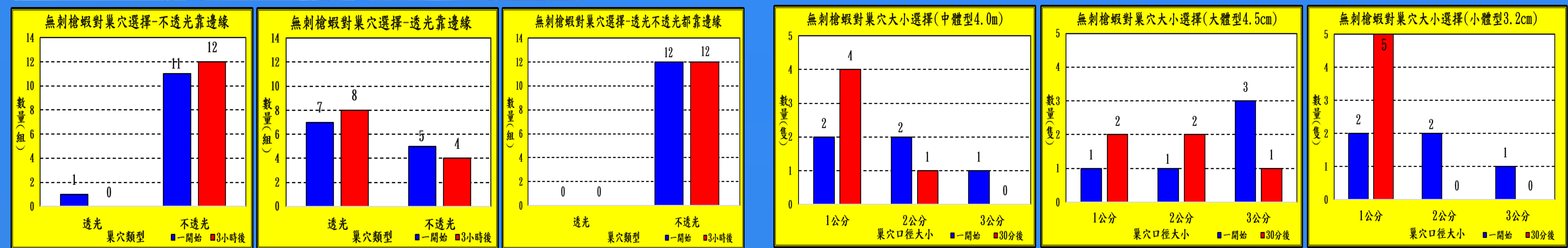


在都可以碰到巢穴情況下，無刺槍蝦會比較喜歡不透光巢穴。

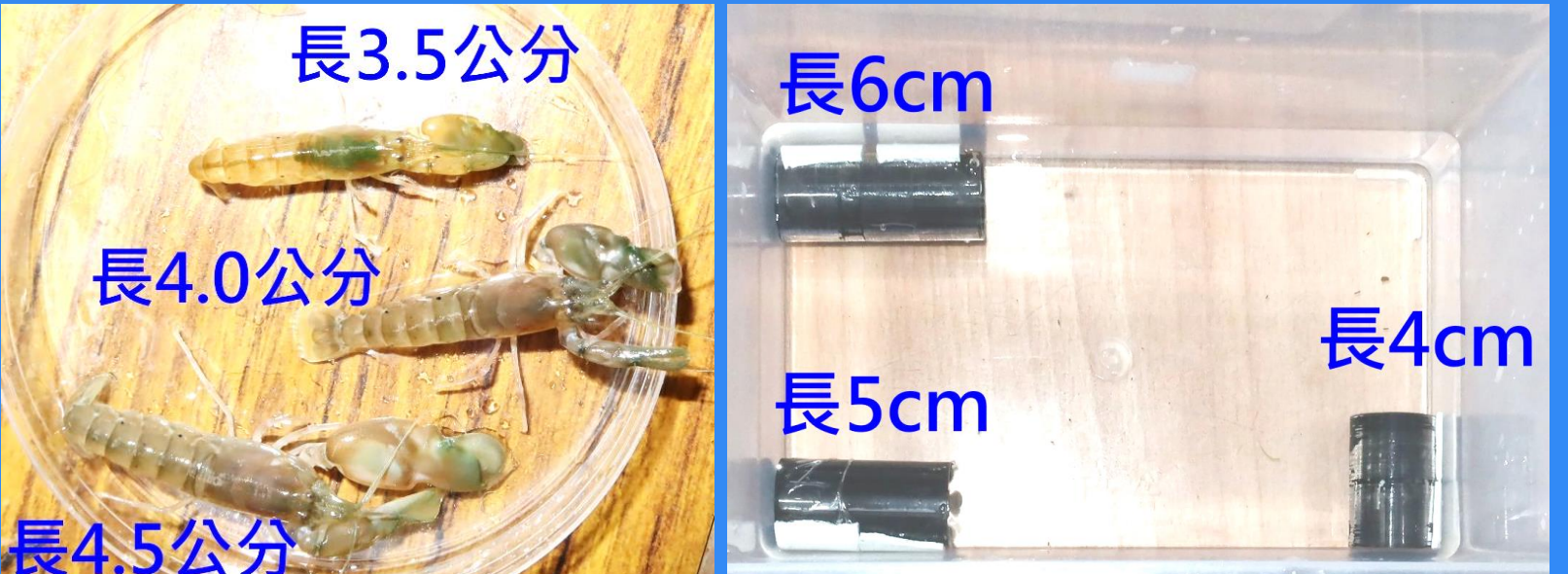
實驗2-2-2 巢穴選擇：巢穴管徑大小



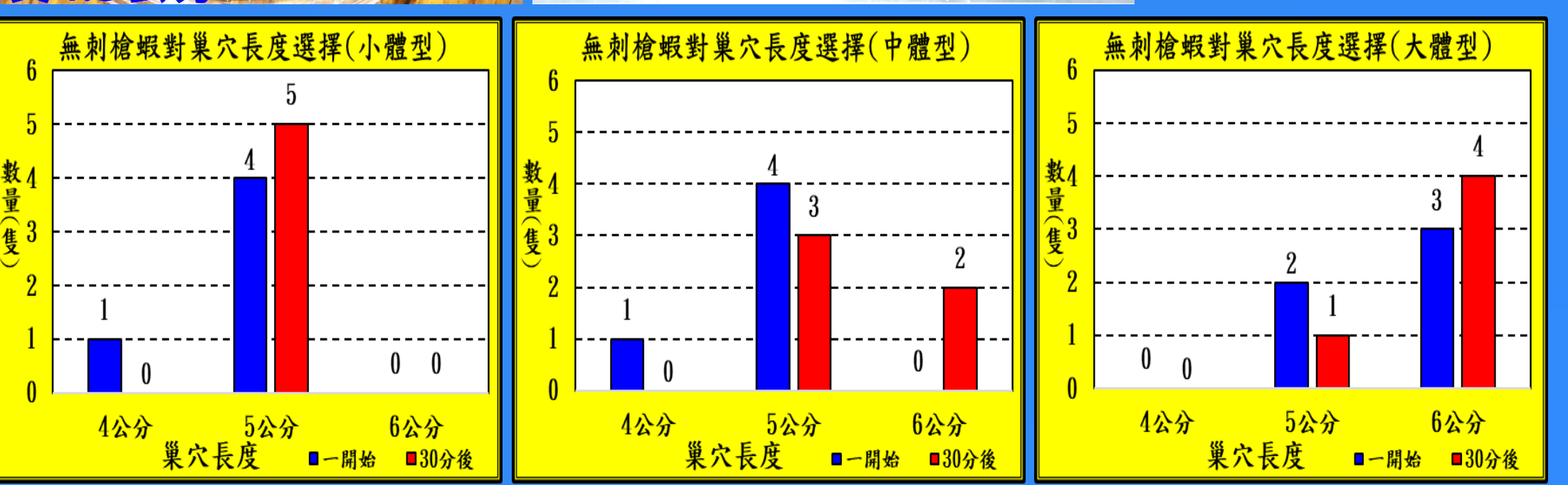
無刺槍蝦會儘可能選擇貼近自己身體大小的巢穴。



實驗2-2-3 巢穴選擇：巢穴長度大小



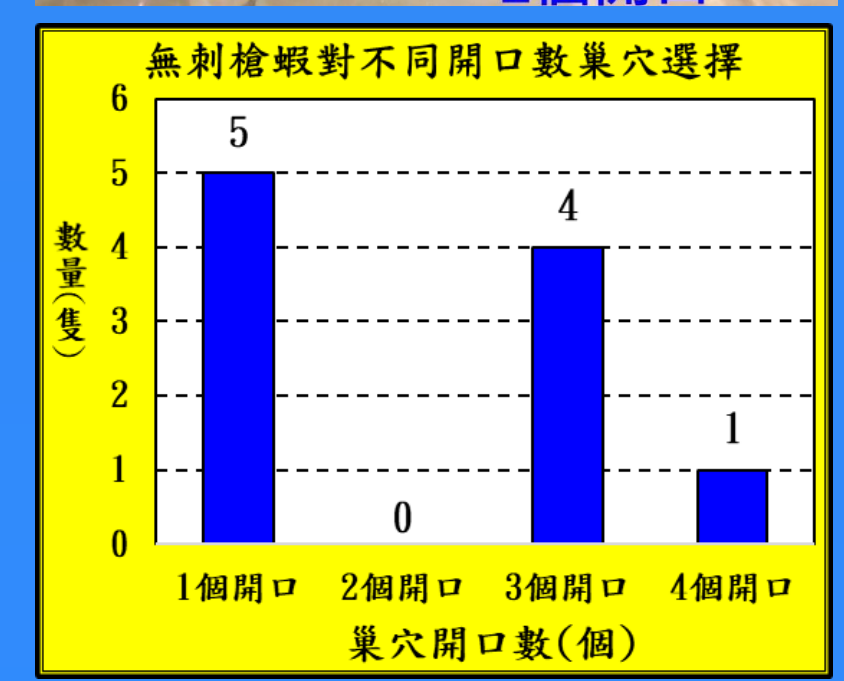
小體型槍蝦不一定要住長的巢穴，但大體型的無刺槍蝦會儘可能選擇較長的巢穴。



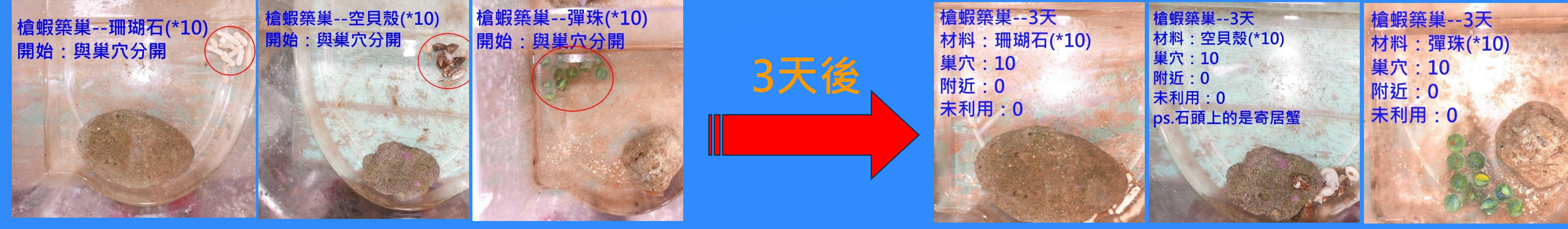
實驗2-2-4 巢穴選擇：巢穴開口數量



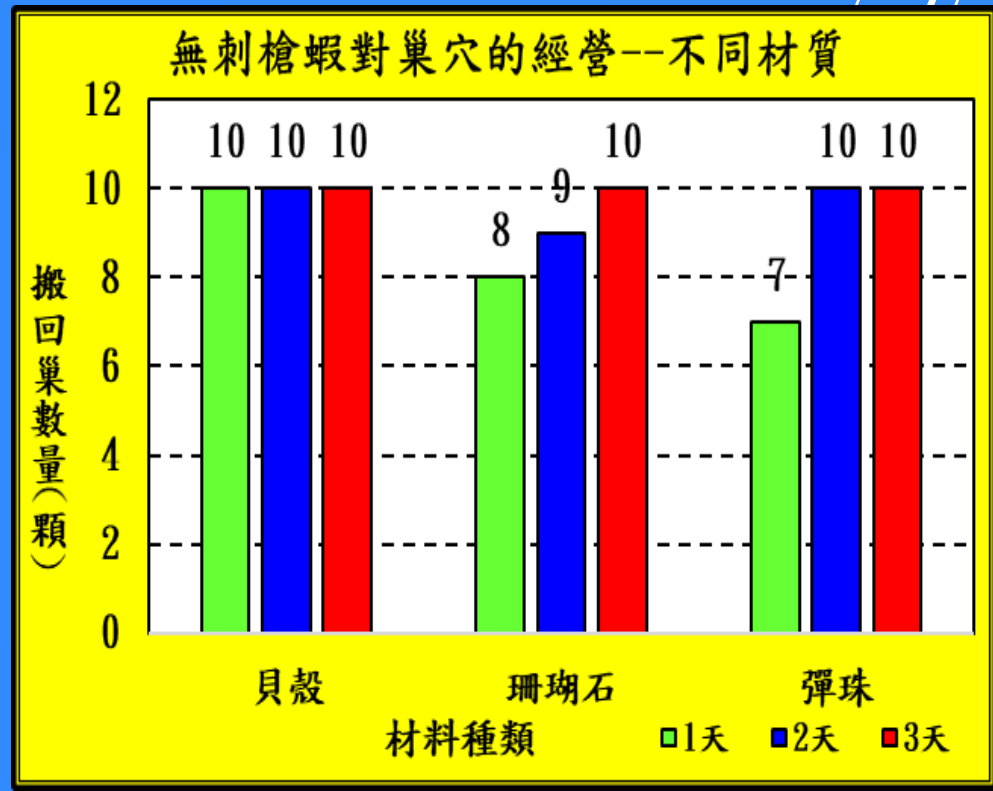
因範圍較大，巢穴較多，為讓槍蝦確實碰觸過每個巢穴，最後待在哪一個巢穴，因此我們延長觀察時間，早晚各記錄一次，並每天更換新的槍蝦。結果發現，無刺槍蝦大部分會選擇開口數是奇數的巢穴。



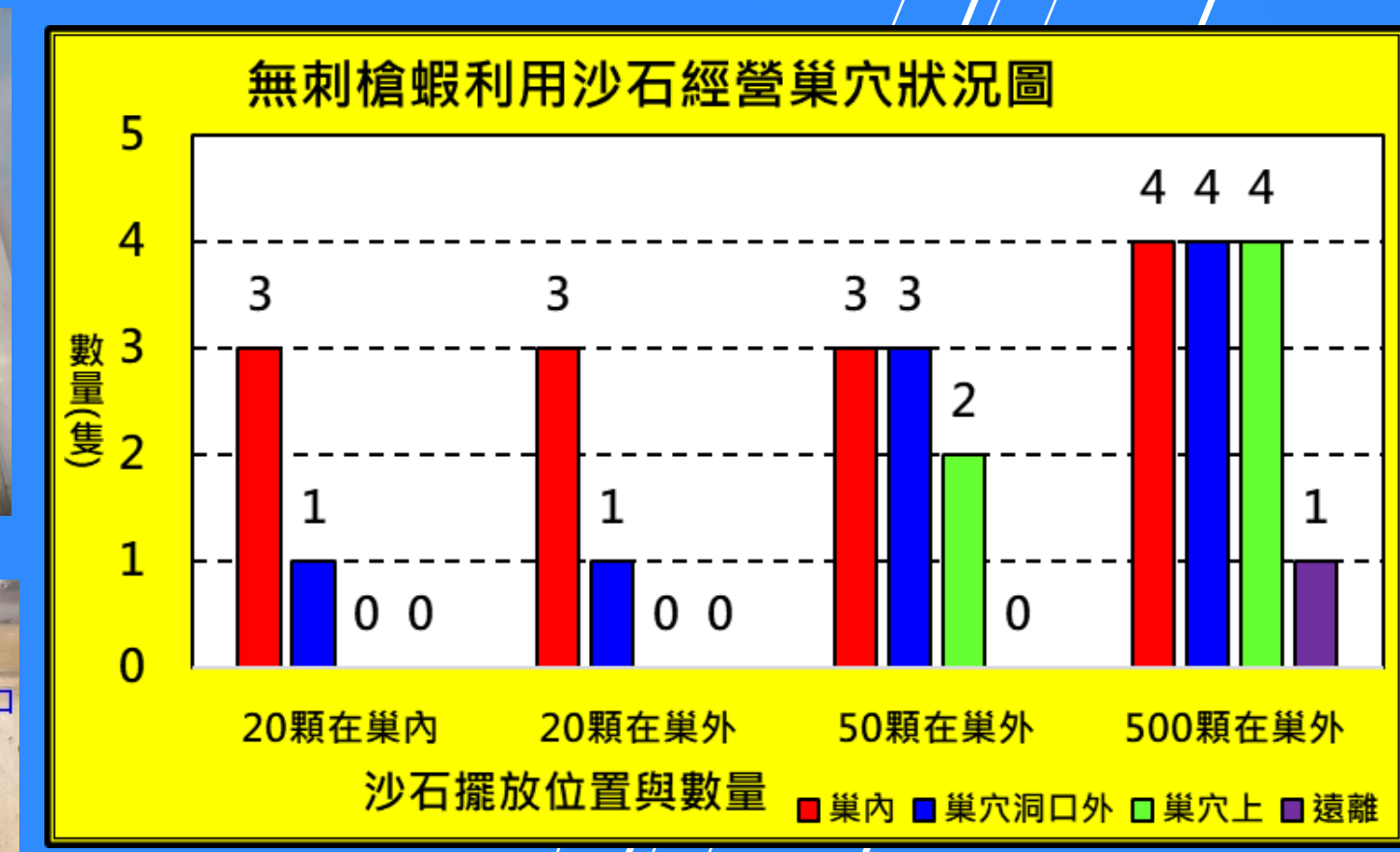
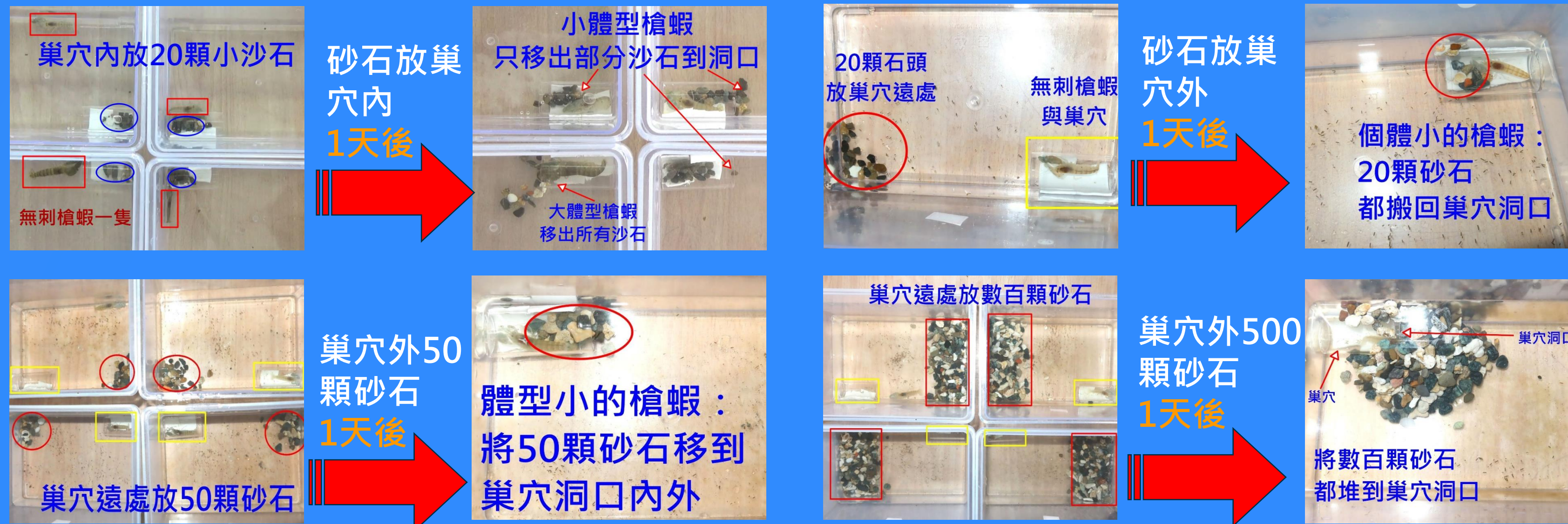
實驗2-3-1 築巢行為：會搬東西到巢穴嗎？搬甚麼？



無刺槍蝦在沒有其他選擇下，即使光滑的彈珠也會想辦法推回巢穴附近，可見牠們很在意巢穴是否真的夠安全。

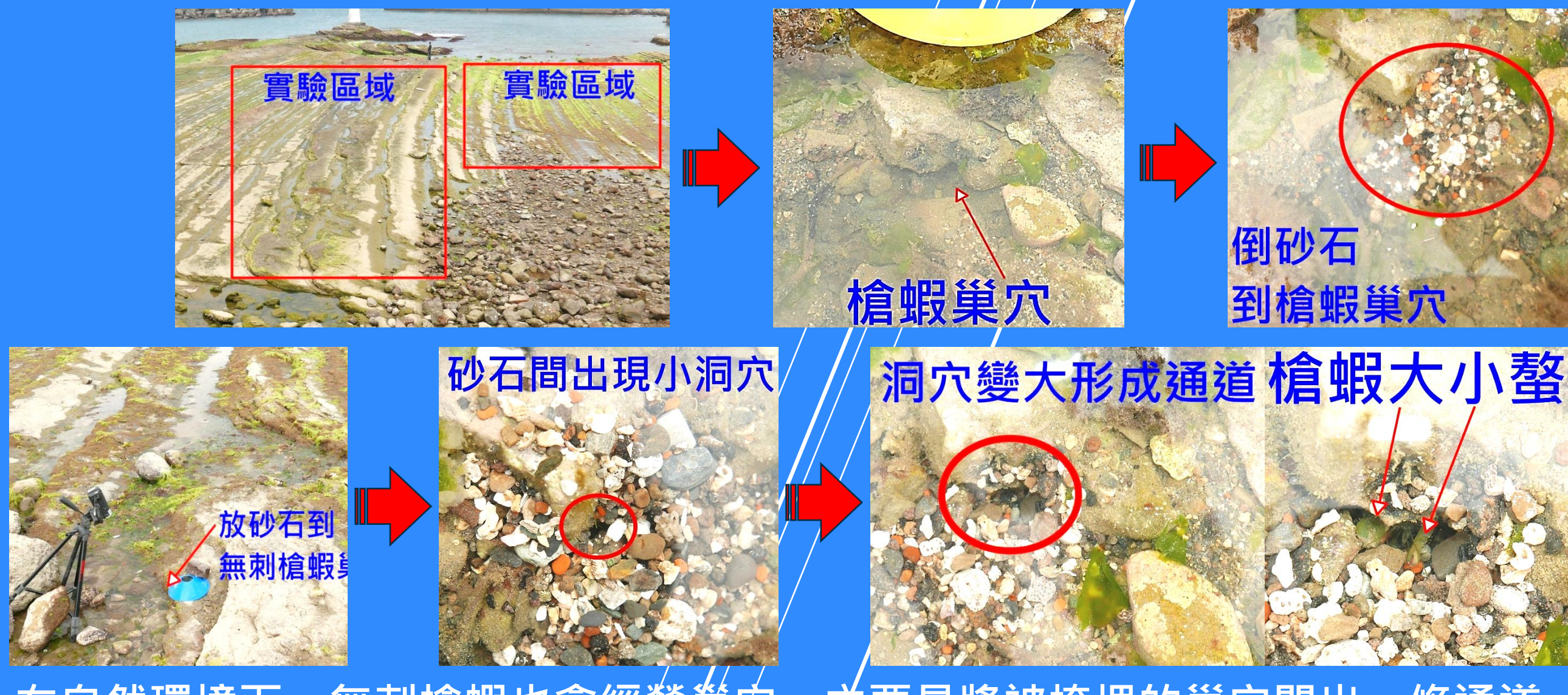
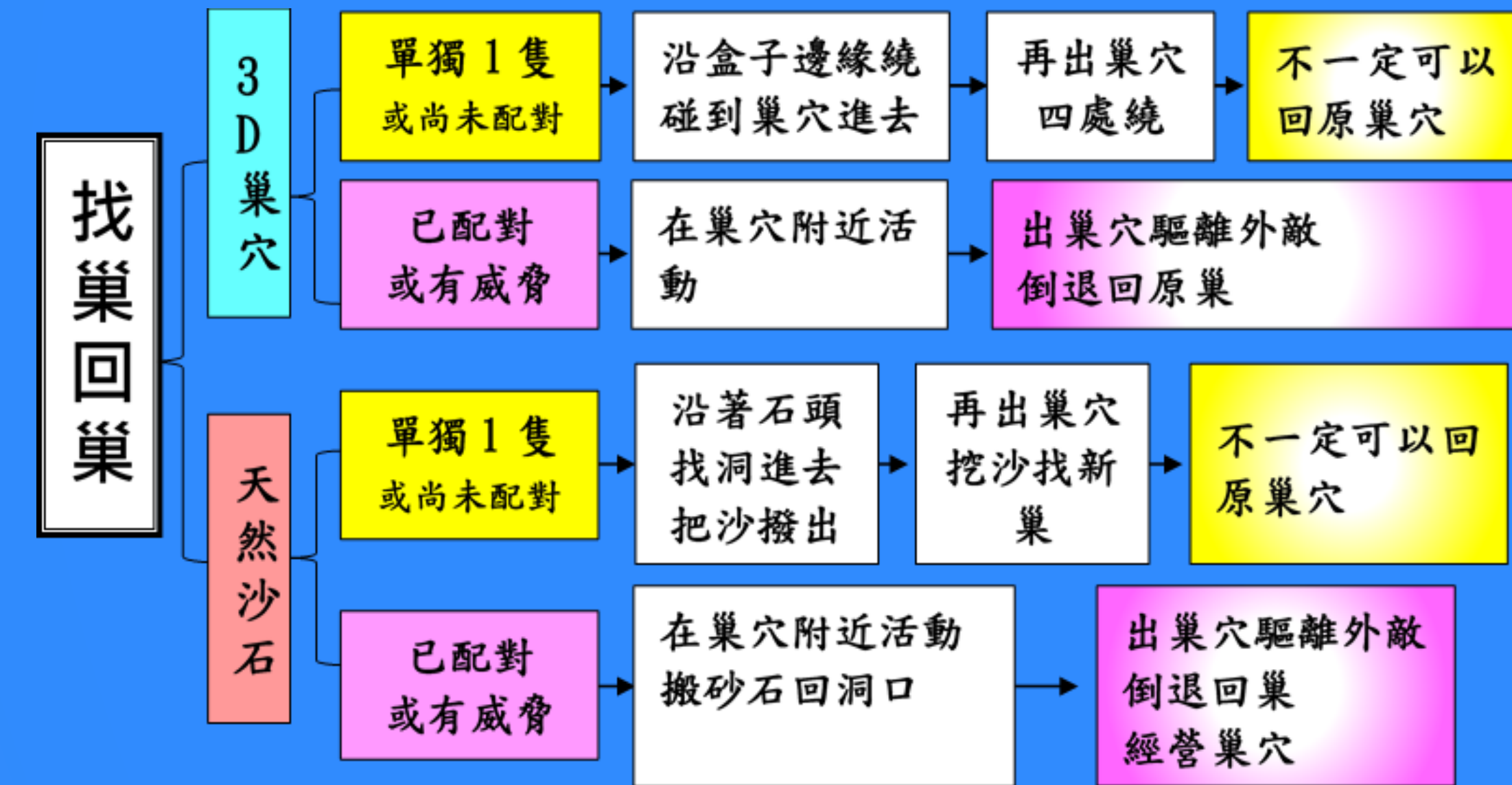


實驗2-3-2 築巢行為：搬移沙石



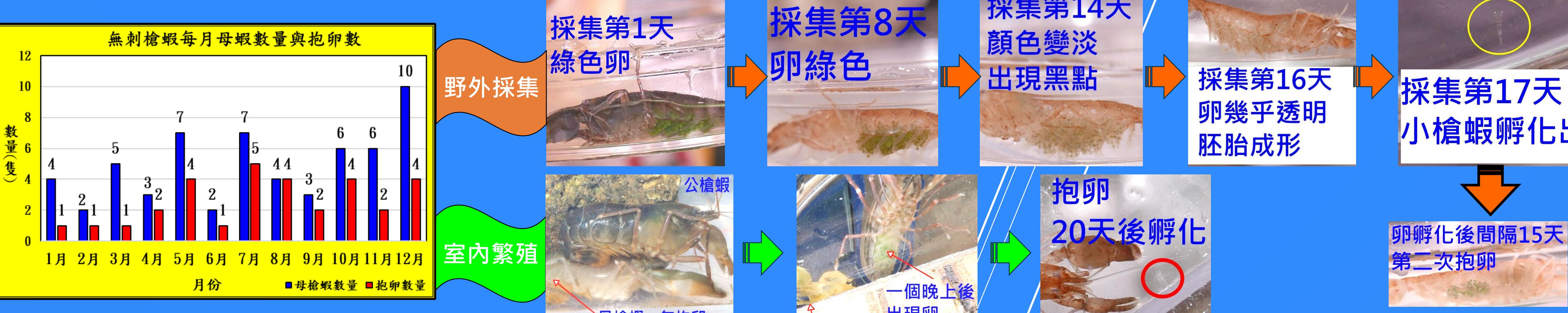
無刺槍蝦是會經營巢穴的，除了將巢穴內清空外，也會到外面搬砂石到洞口，使洞口更為隱蔽。

實驗2-3-3 築巢行為：離開巢穴會再回原巢穴嗎？怎麼回去？ 實驗2-3-4 築巢行為：野外實際狀況



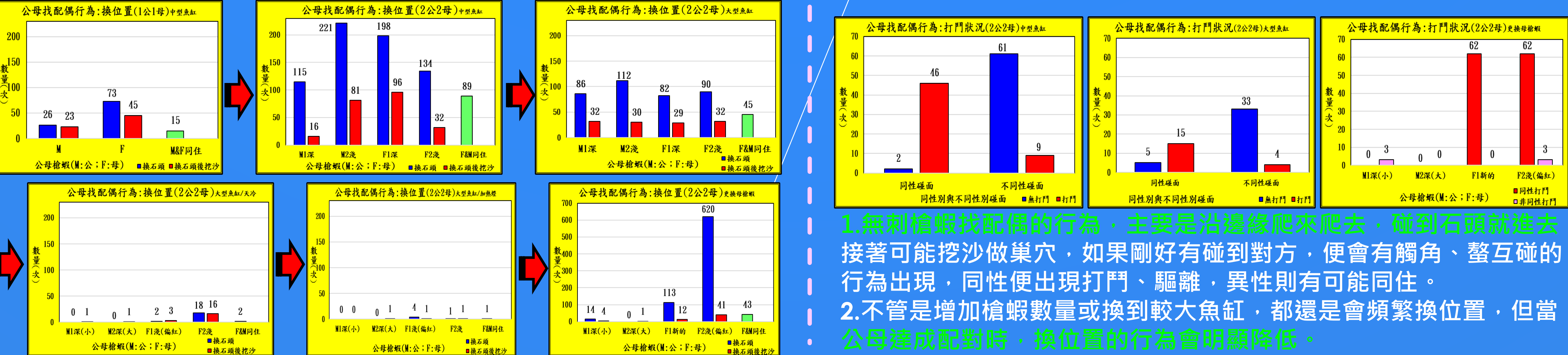
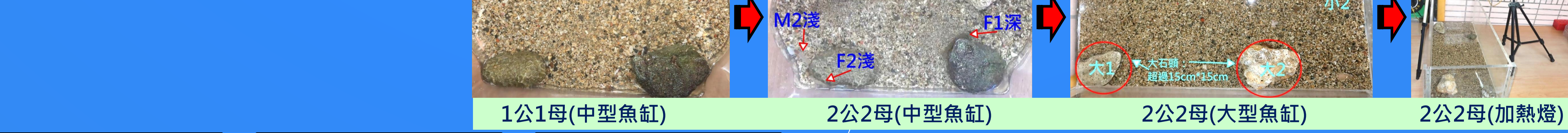
在自然環境下，無刺槍蝦也會經營巢穴，主要是將被掩埋的巢穴開出一條通道。

三、無刺槍蝦的配對繁殖：實驗3-1~3-2 無刺槍蝦的繁殖期繁殖行為



無刺槍蝦一整年都會繁殖，一開始綠色，14-16天顏色變淡，17-18天可以見到黑色的眼睛，19天時綠色部分消失，約20天便會孵出0.1-0.2cm的小槍蝦。

實驗3-3 如何找到對方形成配對

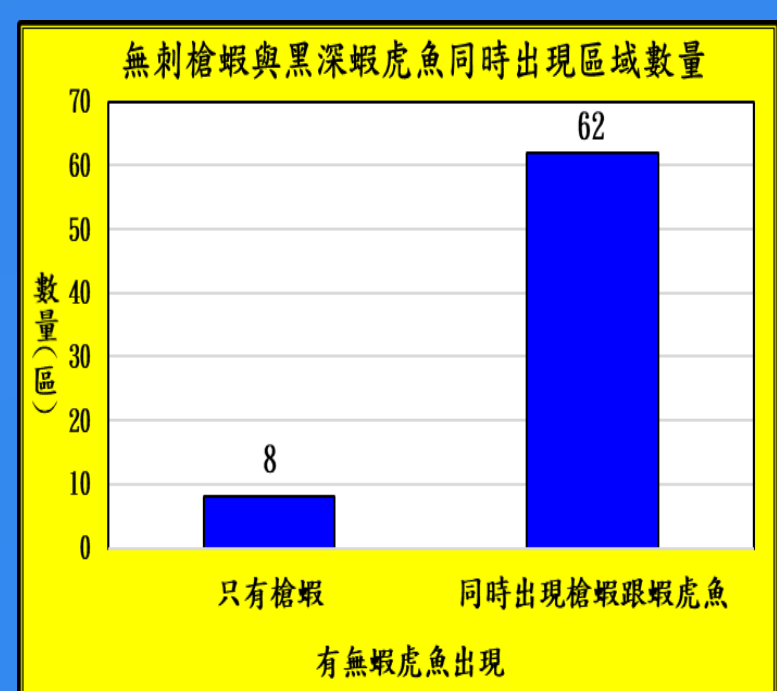


1. 無刺槍蝦找配偶的行為，主要是沿邊緣爬來爬去，碰到石頭就進去，接著可能挖沙做巢穴，如果剛好有碰到對方，便會有觸角、螯互碰的行為出現，同性便出現打鬥、驅離，異性則有可能同住。
2. 不管是增加槍蝦數量或換到較大魚缸，都還是會頻繁換位置，但當公母達成配對時，換位置的行為會明顯降低。

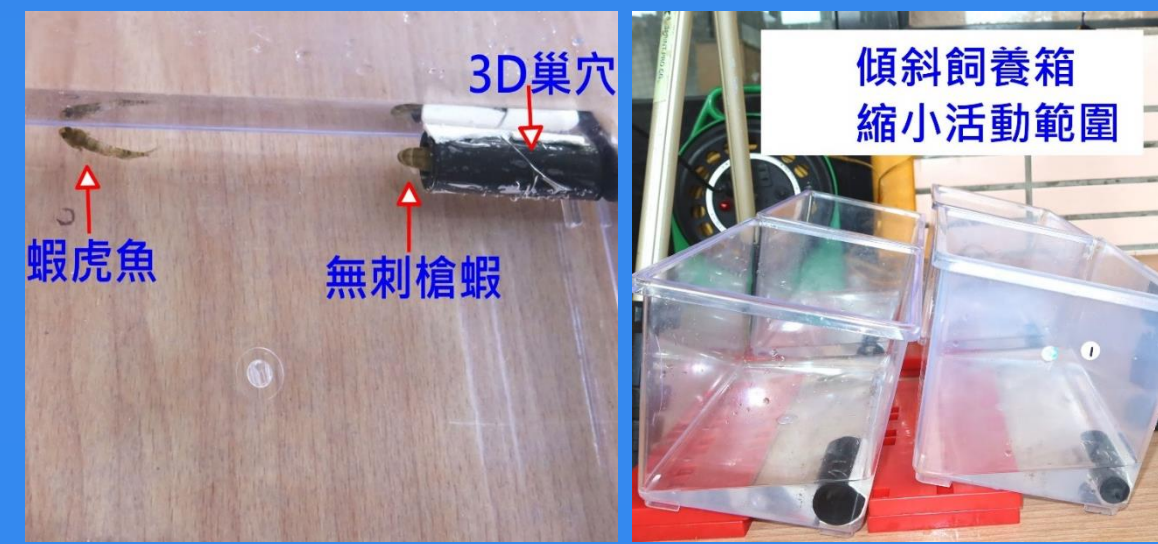
四、無刺槍蝦的共棲與防禦—與蝦虎魚共棲： 實驗4-1-1 槍蝦棲息區域是否都有黑深蝦虎魚



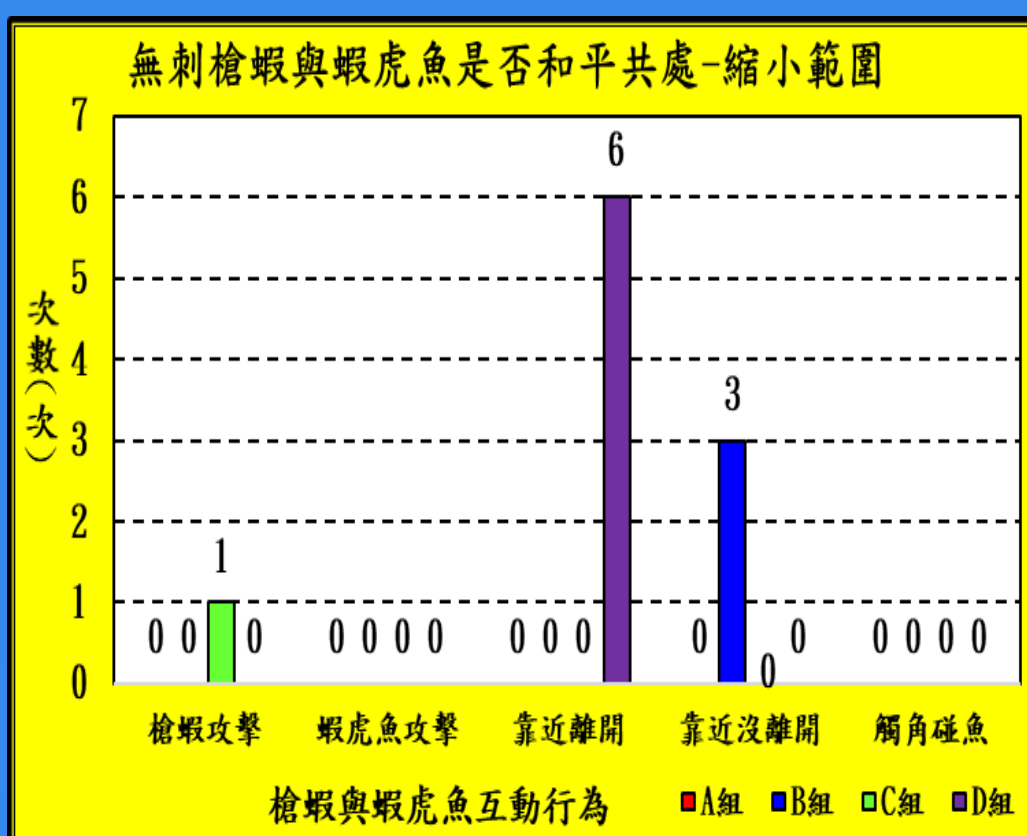
發現無刺槍蝦時，將近90%可以在石頭附近發現黑深蝦虎魚的蹤跡。



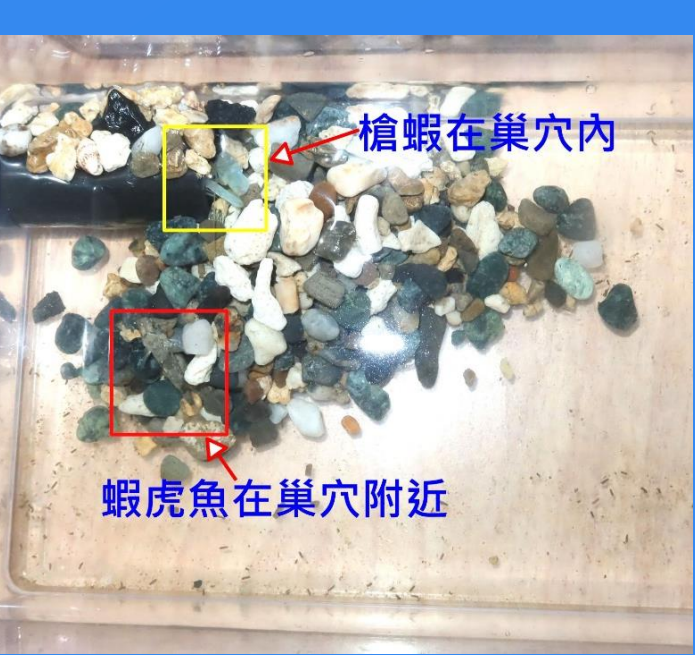
實驗4-1-2 是否和平共處



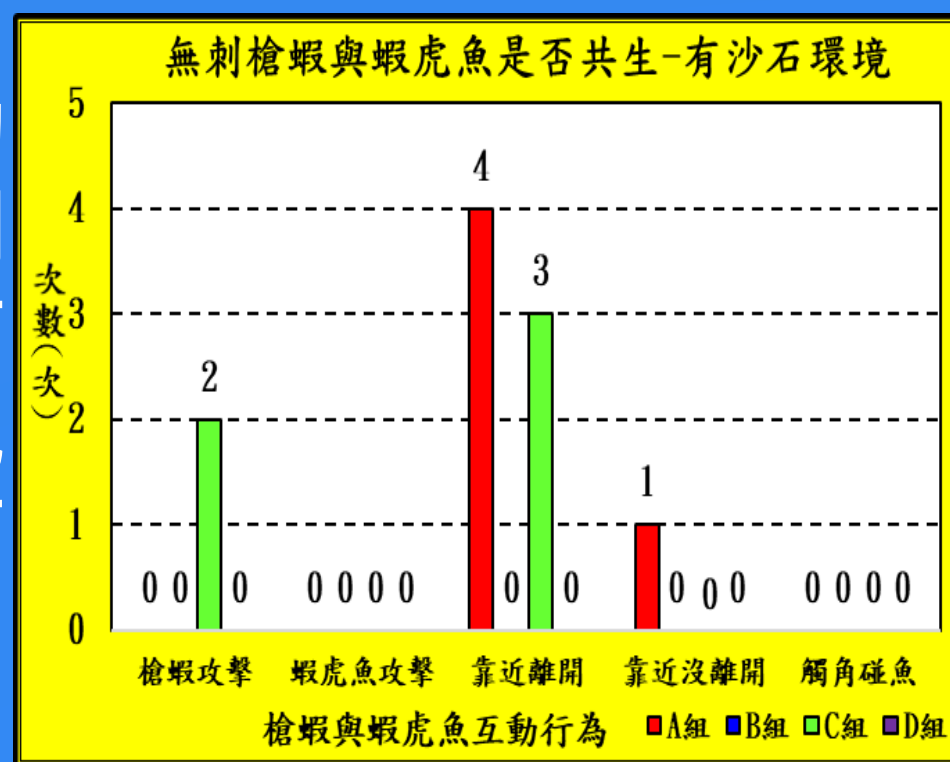
即便增加牠們彼此碰觸的機會，仍沒有發生打鬥、追逐行為。



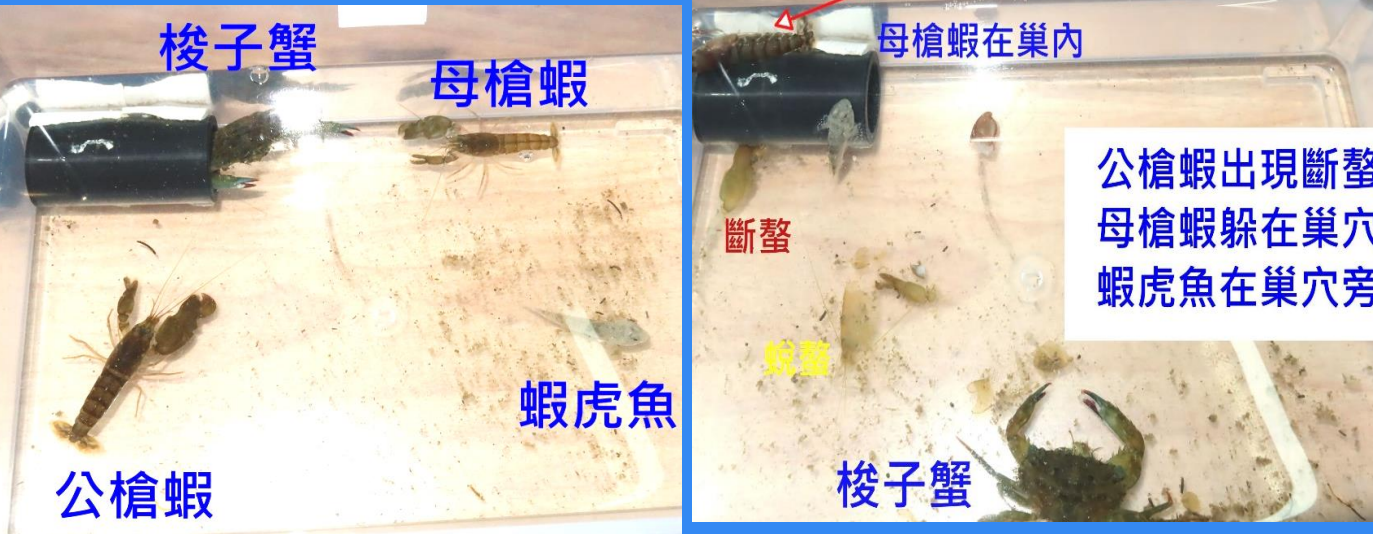
實驗4-1-3 鋪上天然沙石



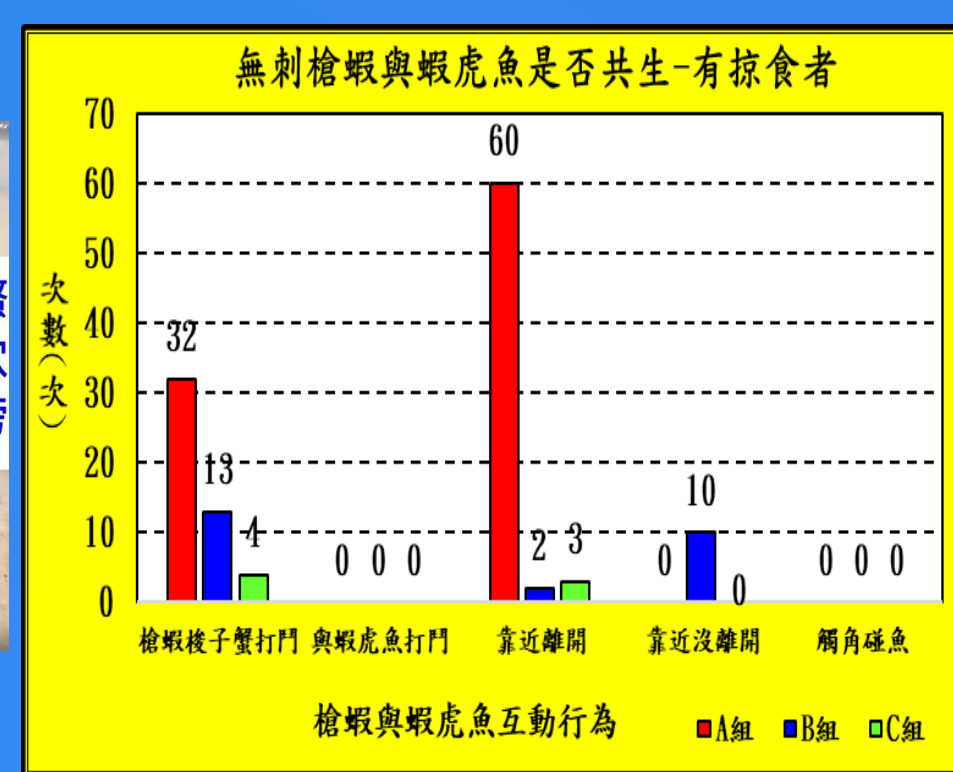
槍蝦會不斷的搬動石頭，而蝦虎魚則只是在附近，沒有跟槍蝦有碰觸，也沒有參與槍蝦搬動石頭的行為。



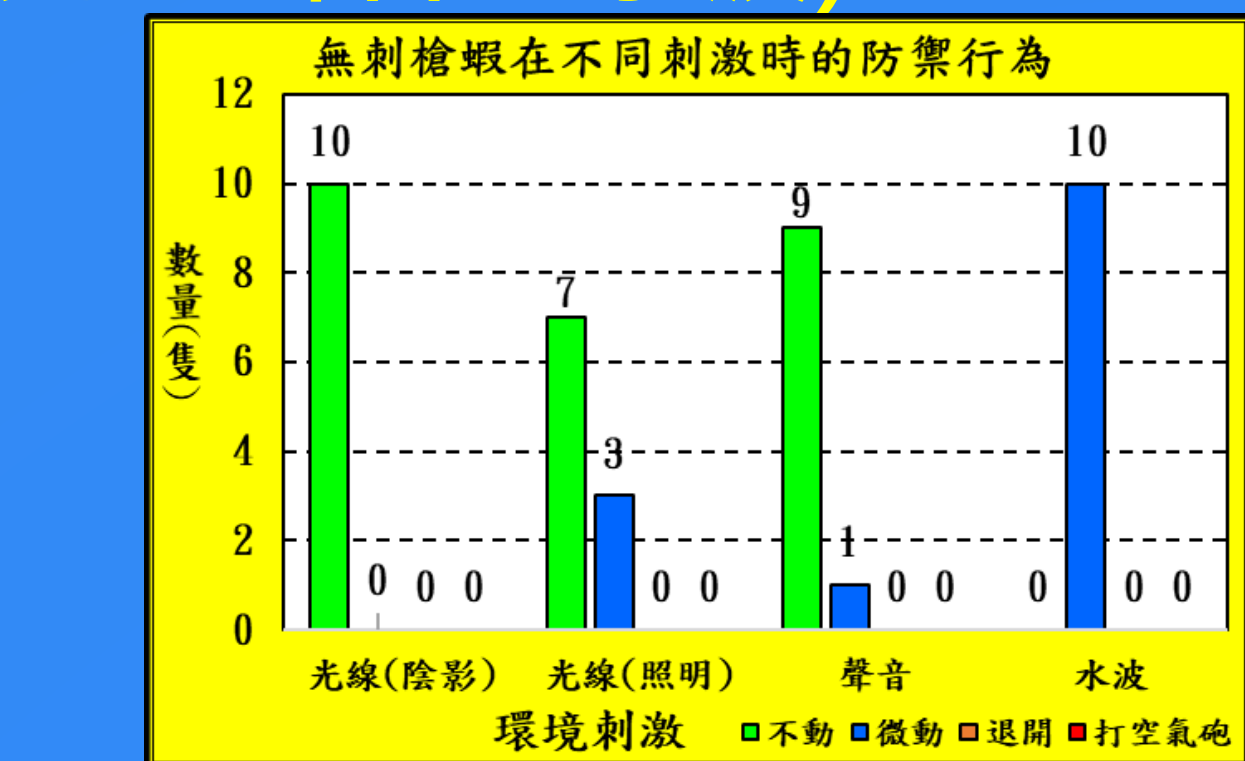
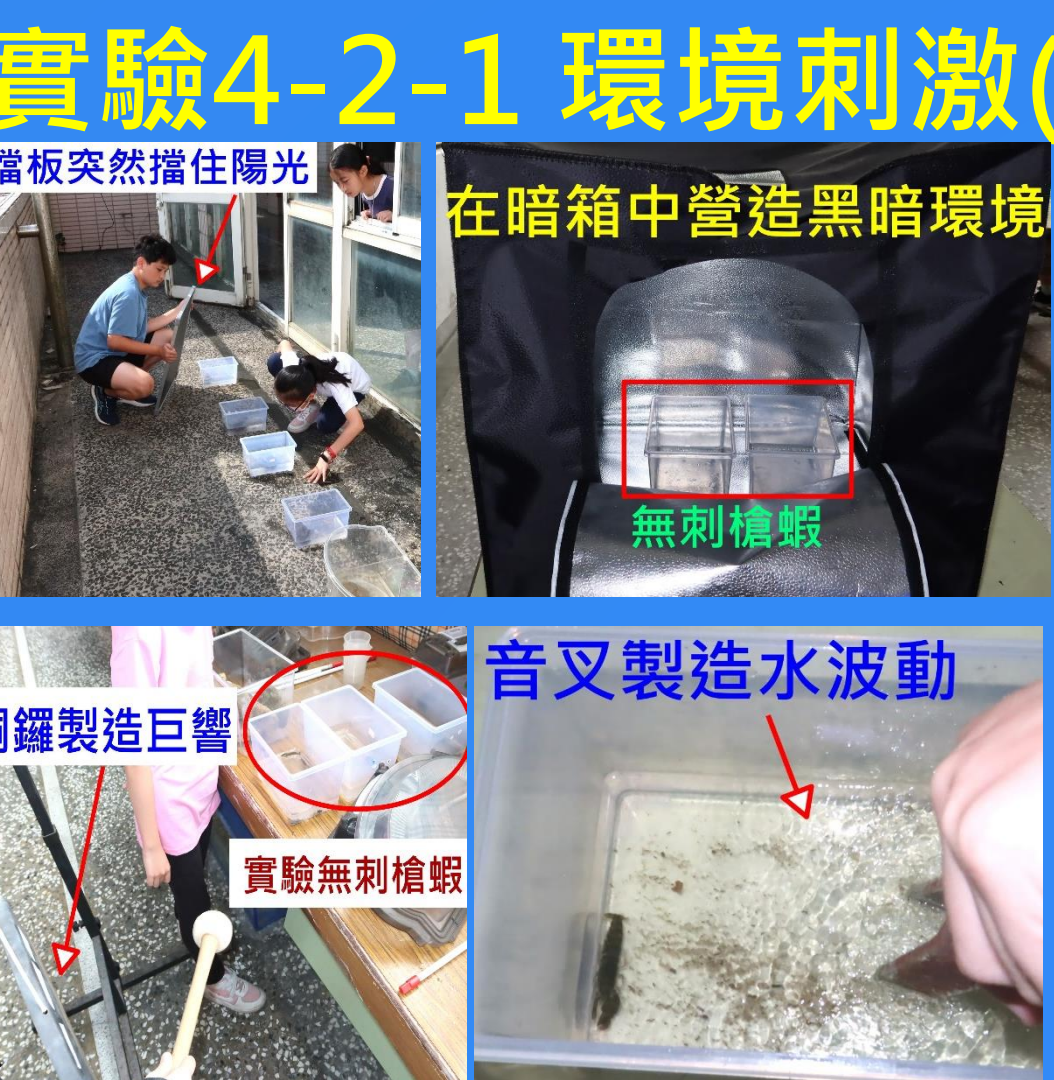
實驗4-1-4 掠食者出現



梭子蟹與槍蝦頻繁打鬥，而此時的蝦虎魚仍只是在附近，並沒有出現提醒槍蝦有掠食者靠近的行為出現。

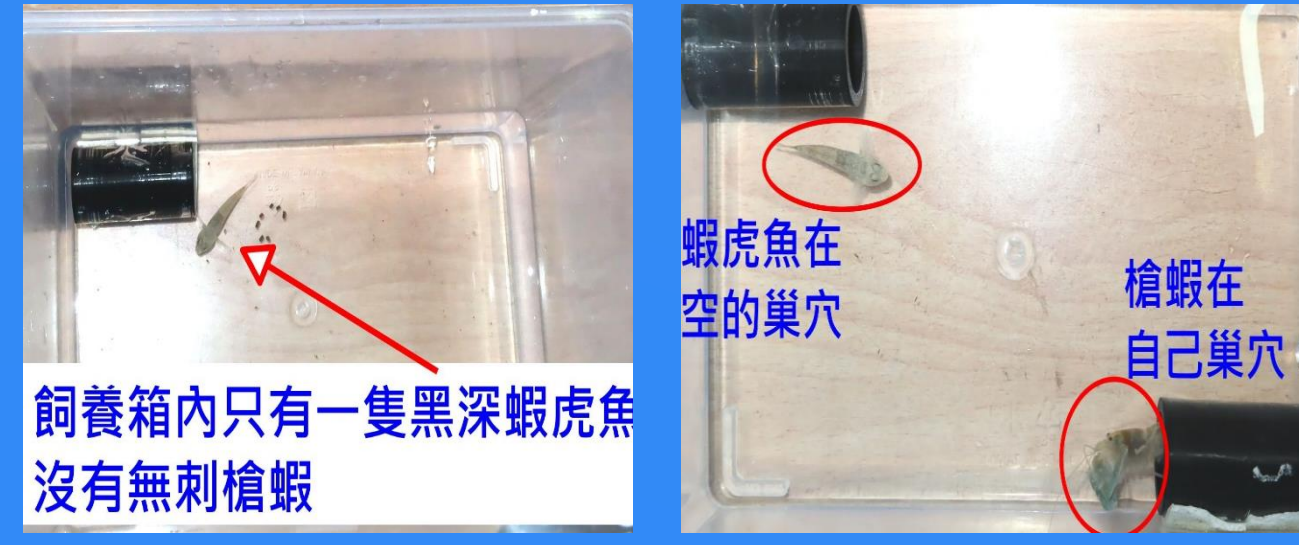


四、無刺槍蝦的共棲與防禦—空氣砲防禦： 實驗4-2-1 環境刺激(光、聲音、水波)

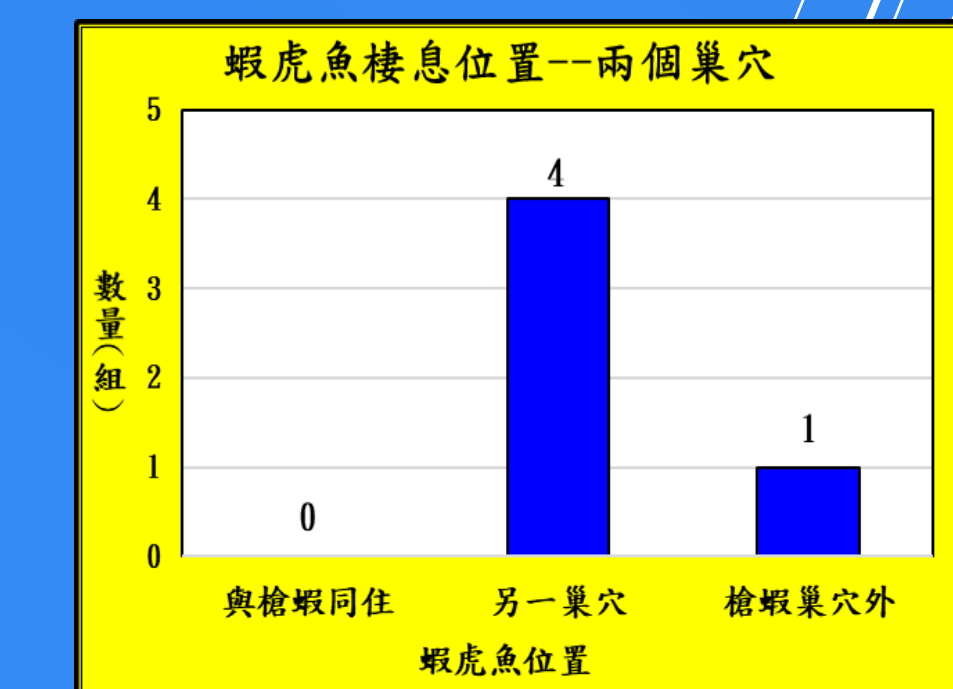


無刺槍蝦環境改變的刺激，並不會有出現空氣砲防禦行。

實驗4-1-5 巢穴數量增加



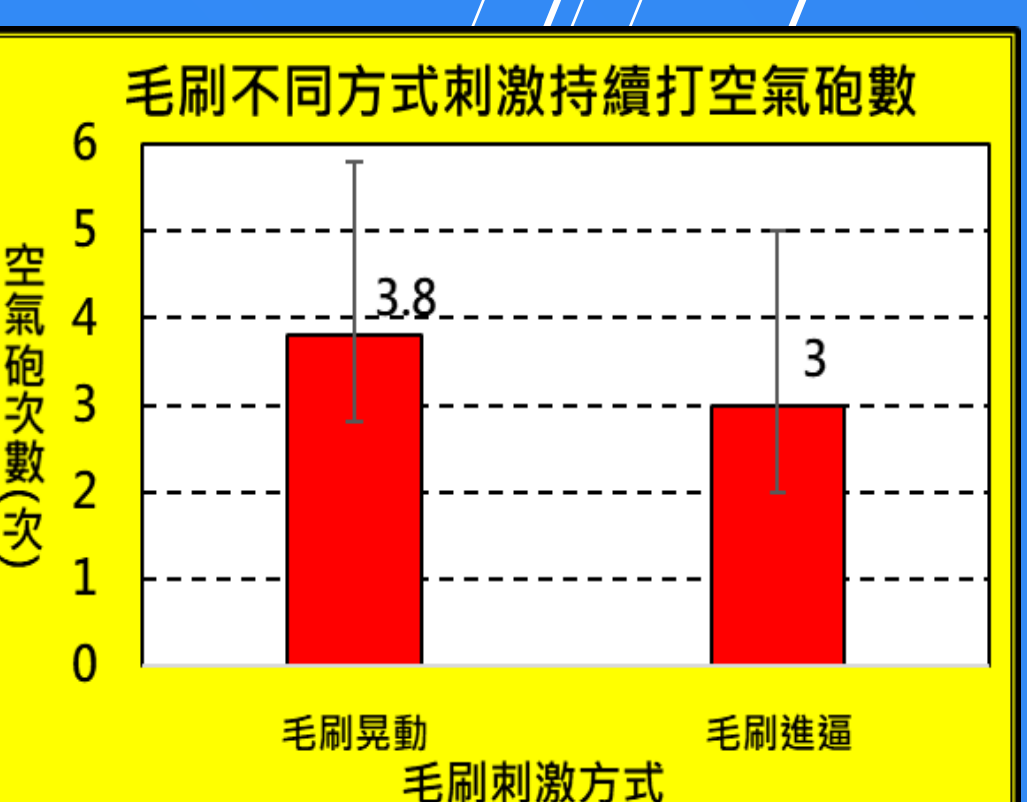
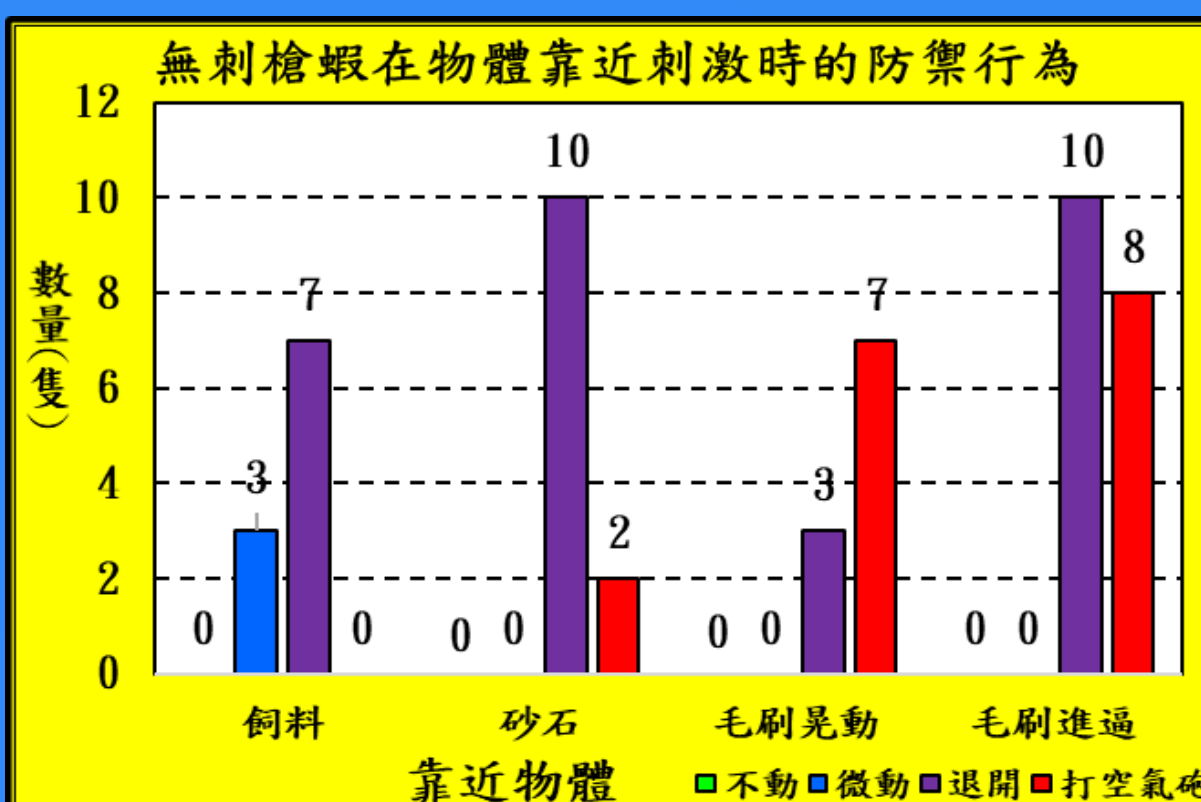
蝦虎魚本身也會有躲藏在巢穴內的行為，有另外巢穴，牠們便會離開槍蝦巢穴。



實驗4-2-2 物體刺激(飼料、砂石、毛刷)



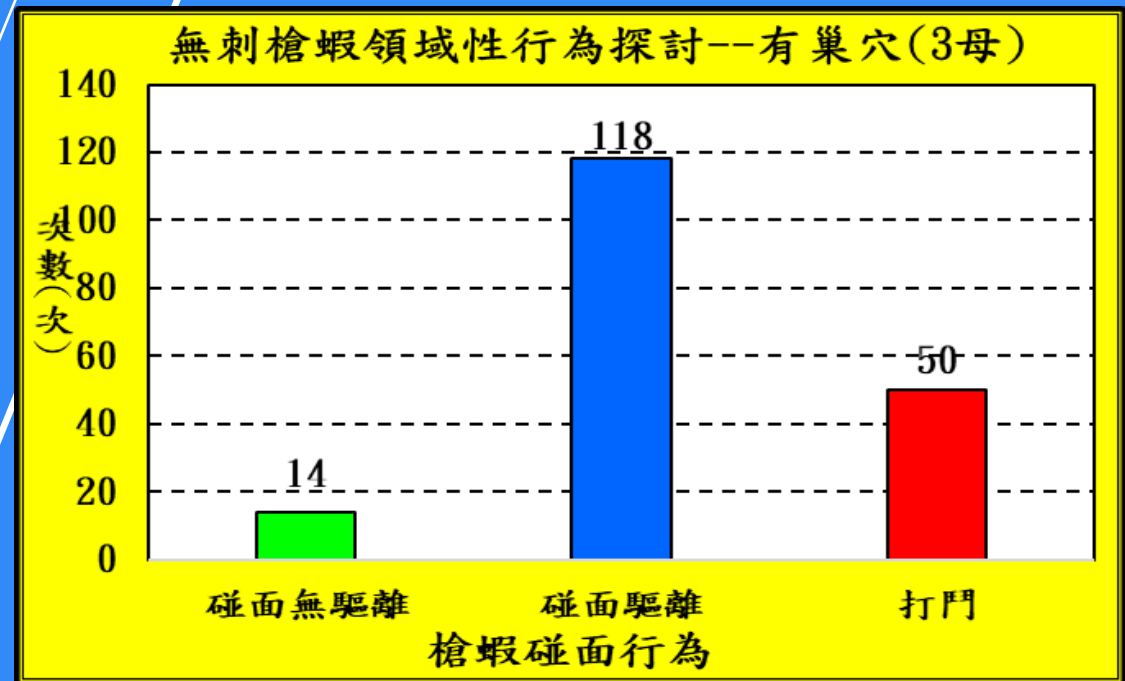
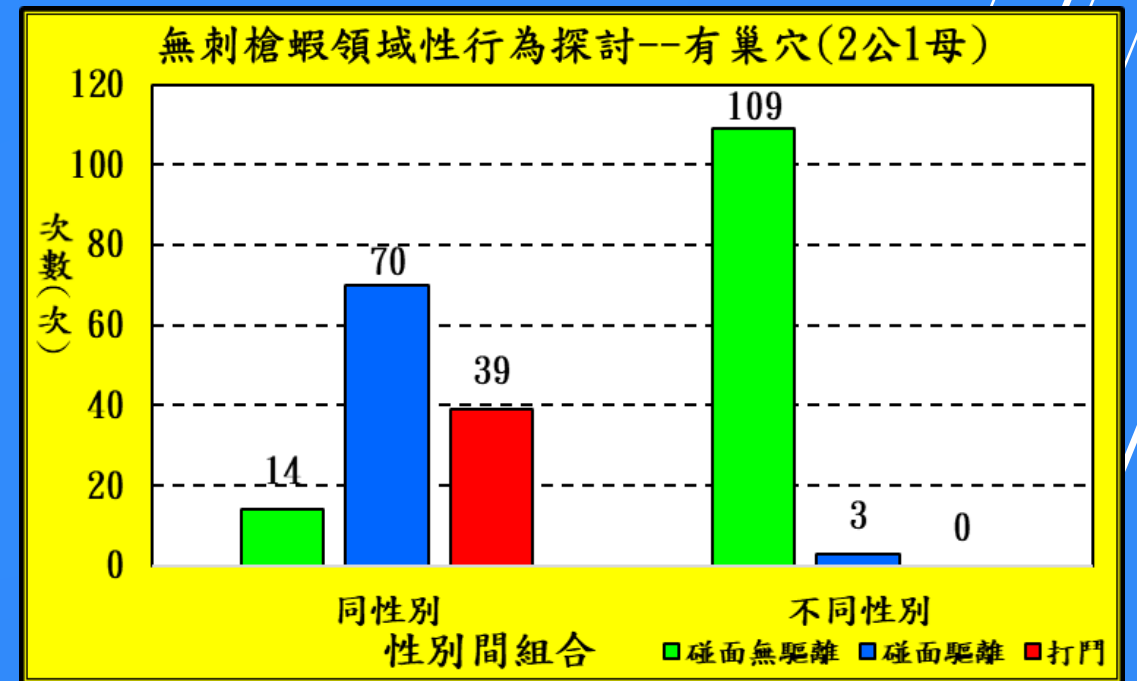
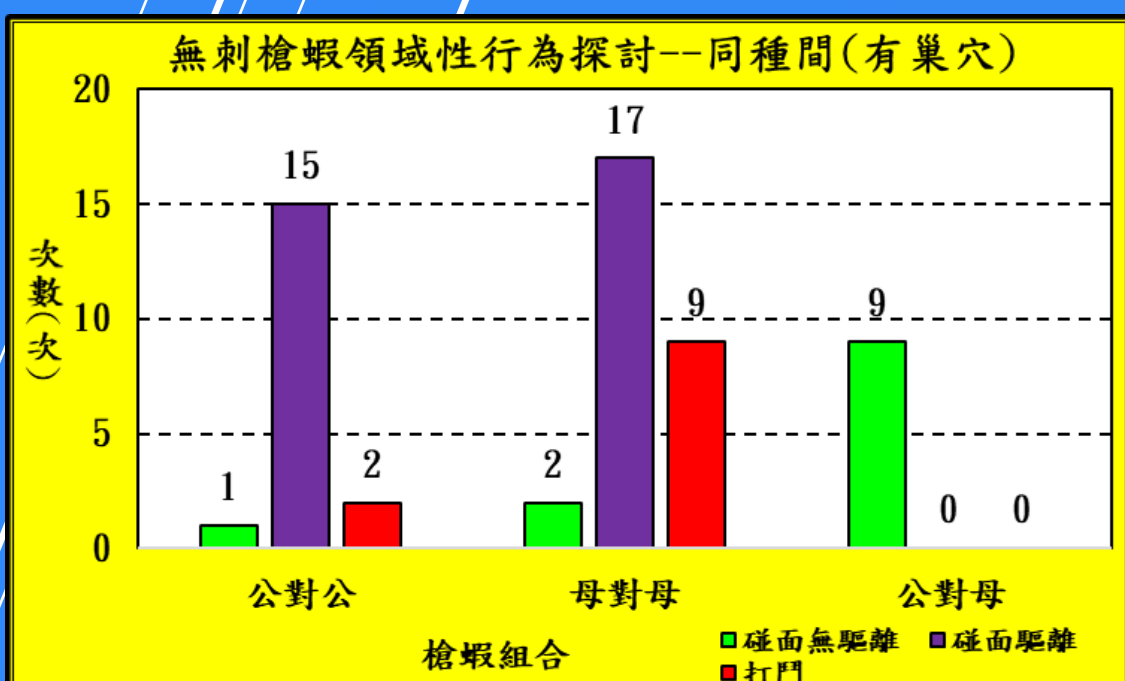
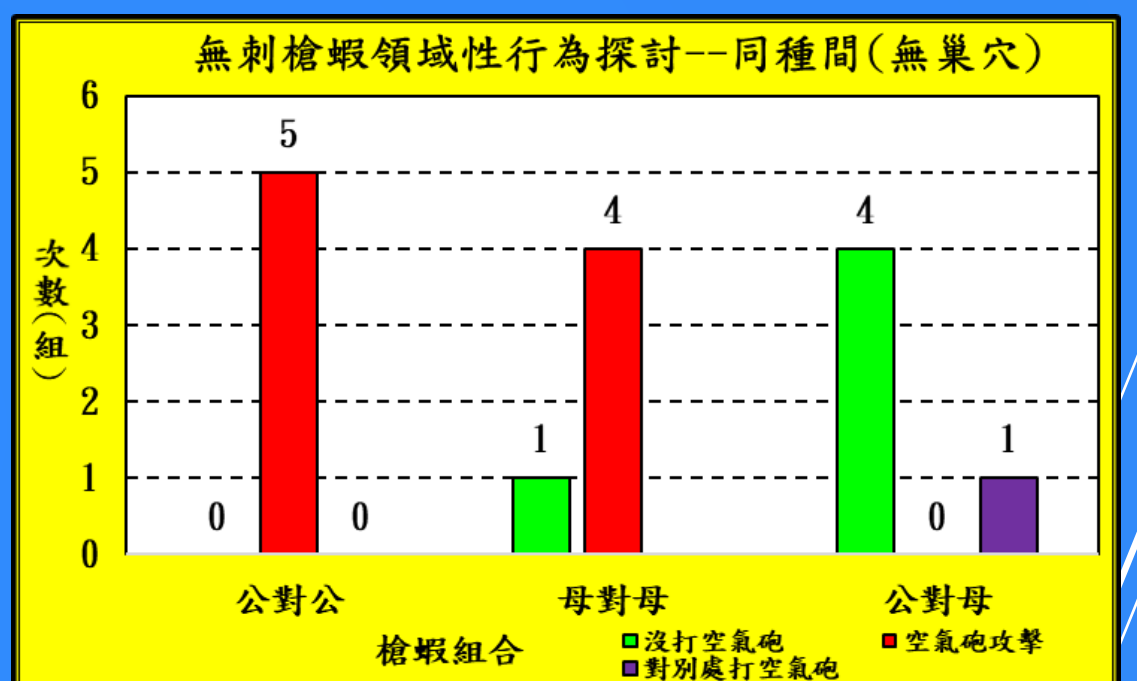
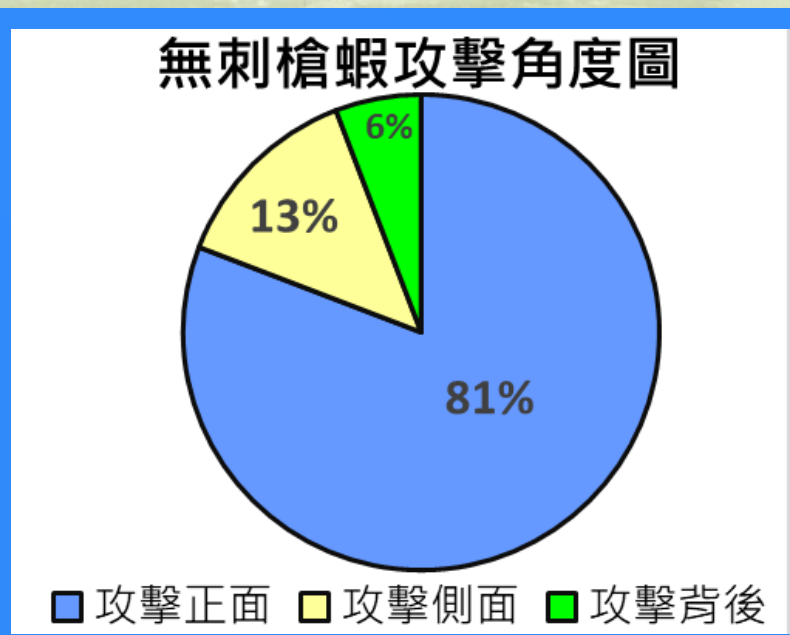
毛刷在槍蝦前晃動或快速進逼，都會使牠們打出空氣砲防禦，砂石在前方掉落，也有可能讓牠們打出空氣砲。



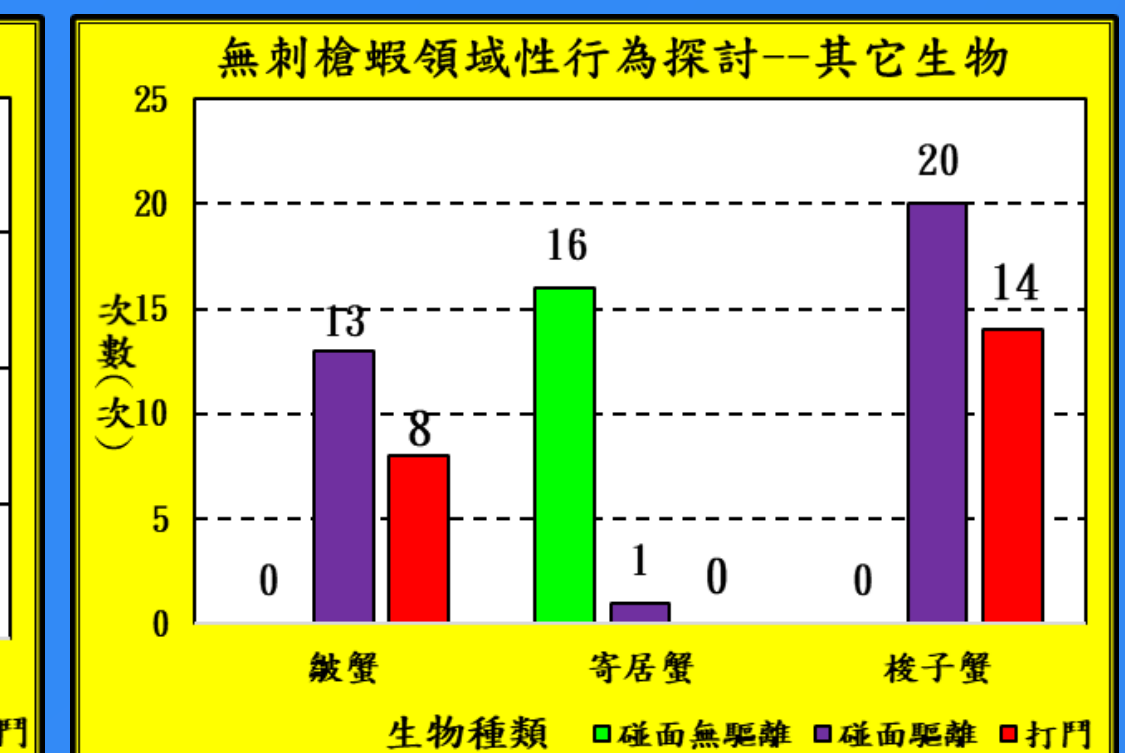
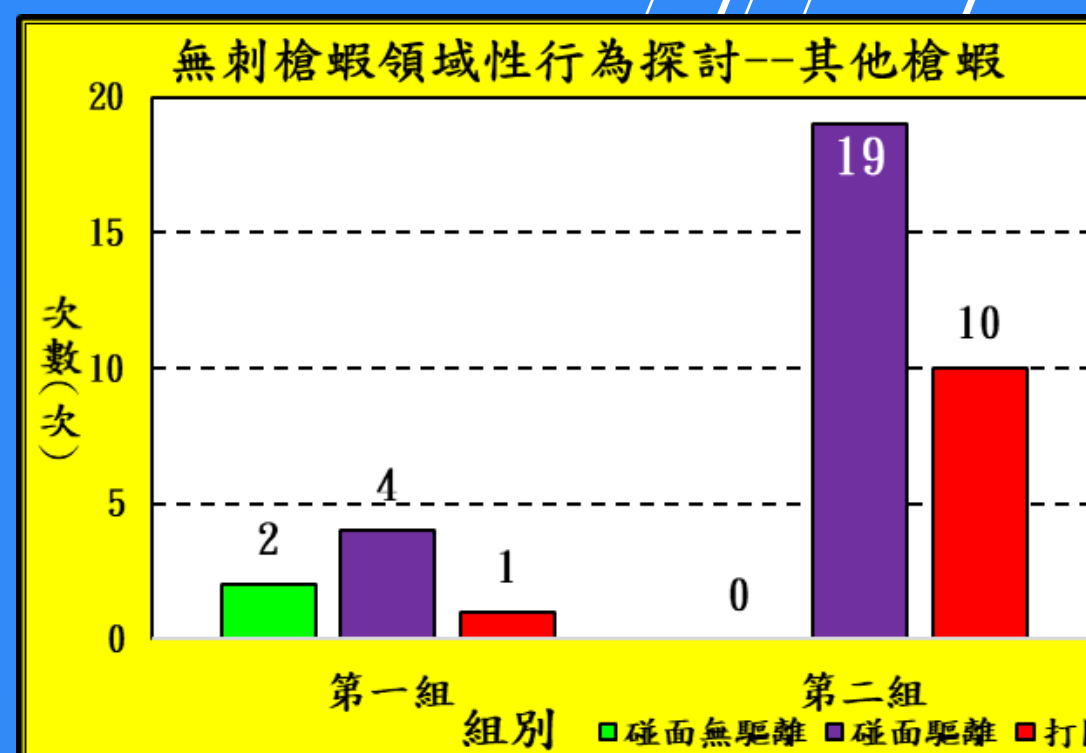
五、無刺槍蝦的領域行為：實驗5-1~5-2同種間



在同種、同性別情況下，牠們的領域性行為極為明顯，幾乎一定要讓對方消失或死亡。



實驗5-3 不同種間



肆、結論：

一、外型特徵：

- 1.無刺槍蝦公母都有明顯大螯，但小螯型態略有不同。
- 2.大螯具有凹凸構造，藉以產生空氣砲，當大螯斷時，會先以原小螯長成大螯，以縮短大螯恢復時間。

二、棲地與築巢：

- 1.在沿岸潮間帶，無刺槍蝦會棲息在中低潮帶岩石裂縫間的石洞或潮池的大石頭下。
- 2.無刺槍蝦會沿著石頭邊尋找巢穴，而且會有很明顯的巢穴經營行為。

三、配對繁殖：

- 1.無刺槍蝦一整年都可以繁殖，在夏、秋時較活躍，抱卵時間約20天。
- 2.無刺槍蝦找配偶會沿著石頭邊緣去摸索，有石洞便進去，遇到異性槍蝦便會有螯碰螯觸鬚碰觸鬚的行為。

四、共棲與防禦：

- 1.無刺槍蝦和黑深蝦虎魚間僅有共棲關係，並沒有共生的行為。
- 2.無刺槍蝦在光、聲音、水波的刺激下，不會有空氣砲反應，只有當有物體靠近時，才會以空氣砲進行防禦。

五、領域行為：

- 1.無刺槍蝦有明顯的領域性，特別是對同性別無刺槍蝦或蝦蟹類的生物。
- 2.無刺槍蝦察覺有生物在附近時，會先打空氣砲，再以對方後續的行為來判斷要退還是追擊。

伍、參考資料及其他

- 一、陳育賢。2001。海岸生物(一)—台灣潮間帶生物700種(一)。渡假出版社有限公司。
- 二、廖運志等。2015。潮汐的呼喚，探索北海岸潮間帶。交通部觀光局北海岸及觀音山國家風景區管理處。
- 三、施志均、林家、賴志威。2010。澎湖潮間帶無脊椎動物圖鑑。澎湖縣政府文化局。
- 四、陳揚文。2011。一個潮池的秘密。行人文化實驗室。
- 五、吳承偉等人。2009年。短脊槍蝦(Alpheus brevicristatus)配對行為研究。中華民國第四十九屆國小組生物科科展。