

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

最佳(鄉土)教材獎

080303

沙層裡的生機—美食奧螻蛄蝦穴居生活的研究

學校名稱：彰化縣溪州鄉水尾國民小學

作者： 小六 鐘啟睿 小六 黃子馨 小六 鐘宜珈 小五 詹佩蓁	指導老師： 吳建儒 林碧珊
---	---------------------

關鍵詞：蝦猴、築穴、繁殖

摘要

本研究探討美食奧螻蛄蝦(蝦猴)如何在沙層下穴居，利用自製海水循環系統模擬環境，以透明夾層進行實驗和觀察，並嘗試人工飼養及繁殖，發現：

- 1.相同採集點雄雌數量有明顯差異，隔離飼養可讓蝦猴順利脫殼生長。
- 2.蝦猴螯掌被拉扯會觸發攻擊行為，頭部受刺激會向後彈射 3 至 4.4 倍體長的距離。
- 3.蝦猴築穴分探索期、半穴期、第二探索期和成穴期，巢穴形狀呈 Y 字型，雄雌挖穴率有明顯差異，並利用潮汐及洞穴結構造成水流覓食。
- 4.室內實驗證實蝦猴能以水流為媒介尋找異性，雄雌巢穴有共用出入水孔或挖聯絡道相通的情形；蝦卵孵化後幼體有漂浮期和沉降期，沉降後會挖穴進入沙層。

我們揭開蝦猴在沙層裡的神秘面紗，也希望大家正視潮間帶生物逐漸消失的問題。

壹、研究動機

在芳苑與伸港沿海潮間帶的沙地上，每次當海水退潮後，會留下許多小小的孔洞，每個孔洞在沙地上的圖案都獨一無二(如圖一)，吸引我們停下腳步，仔細一看，有部分的洞穴正像噴泉一樣從洞中冒出沙子來，我們覺得很有趣，詢問當地的漁民，他們說這是”蝦猴洞”，蝦猴是美食奧螻蛄蝦的俗稱(本實驗皆以蝦猴簡稱)，牠是沿海潮間帶的底棲生物，從幼體到成蝦，一生都會在洞穴裡生活，我們對這樣的生物感到高度的興趣：「牠們在沙層下有哪些我們不知道的行為？如何挖出一條條洞穴又彼此不會干擾呢？一個巢穴一隻蝦猴，那牠們怎麼產生下一代呢？」查閱相關的研究和探訪專家之後，發現現有的資料並無法解答疑問，於是我們決定針對蝦猴在沙層下的穴居生活，做更進一步的探討。



圖一、退潮後，出入水孔留下的美麗圖案

作品與教材相關性

翰林版 自然與生活科技領域 四上 第二單元 水生生物的世界

翰林版 自然與生活科技領域 六上 第三單元 生物、環境與自然資源

貳、研究目的

- 一、美食奧螻蛄蝦的採集與飼養。
- 二、探討美食奧螻蛄蝦的防衛行為。
- 三、探討美食奧螻蛄蝦的築穴行為。
- 四、探討美食奧螻蛄蝦的繁殖行為。

參、文獻探討

一、物種鑑定

在台灣生物多樣性資訊入口網及台灣生命大百科等網站，都有其資料，摘要如下：

螻蛄蝦科現有的紀錄有兩屬八種，美食奧螻蛄蝦 *ustinogebia edulis*) 分佈於臺灣的淡水以南，雲林麥寮以北的潮間帶。因外形有「肚猴」般的頭型，又有蝦子般的尾部，所以俗稱「蝦猴」或「鹿港蝦猴」。

分類地位如下圖：

Kingdom	Animalia	動物界
Phylum	Arthropoda	節肢動物門
Class	Malacostraca	軟甲綱
Order	Decapoda	十足目
Family	Upogebiidae	螻蛄蝦科
Genus	<i>Austinogebia</i>	奧螻蛄蝦屬
	<i>Austinogebia edulis</i>	(Ngoc-Ho & Chan, 1992) 美食奧螻蛄蝦

二、美食奧螻蛄蝦相關論文

我們找出和美食奧螻蛄蝦相關的期刊、論文：林鳳嬌 (1995)、白志年、黃淋智、劉富光 (2006) 和彭紹宏 (2009) 共三篇，依序如表一，針對我們的研究目的決定研究方向。

表一、美食奧螻蛄蝦相關文獻彙整表

	文獻一	文獻二	文獻三	探討的方向
採集	無	向漁民購買抱卵母蝦	利用抽水機沖毀巢穴取得蝦猴	嘗試用傳統工具來人工採集
飼養	無	嘗試飼養成蝦，但失敗	無	嘗試建置適合成蝦居住的水體
築穴歷程	無	無	無	嘗試自製裝置，觀察蝦猴沙層下的動作
巢穴結構	灌模取得洞穴結構	無	樹脂灌模取得洞穴結構	嘗試以不傷害蝦猴生命的方式取得巢穴結構
繁殖	記錄繁殖期與探討幼體變化	孵化蝦卵，探討幼體變化	部分巢穴模型有少數雌雄巢穴相通	嘗試證實雄雌巢穴相通的可能，探討交配行為
其他行為	無	幼體有彈跳行為	無	觀察蝦猴是否有其他行為，如避敵、攻擊等

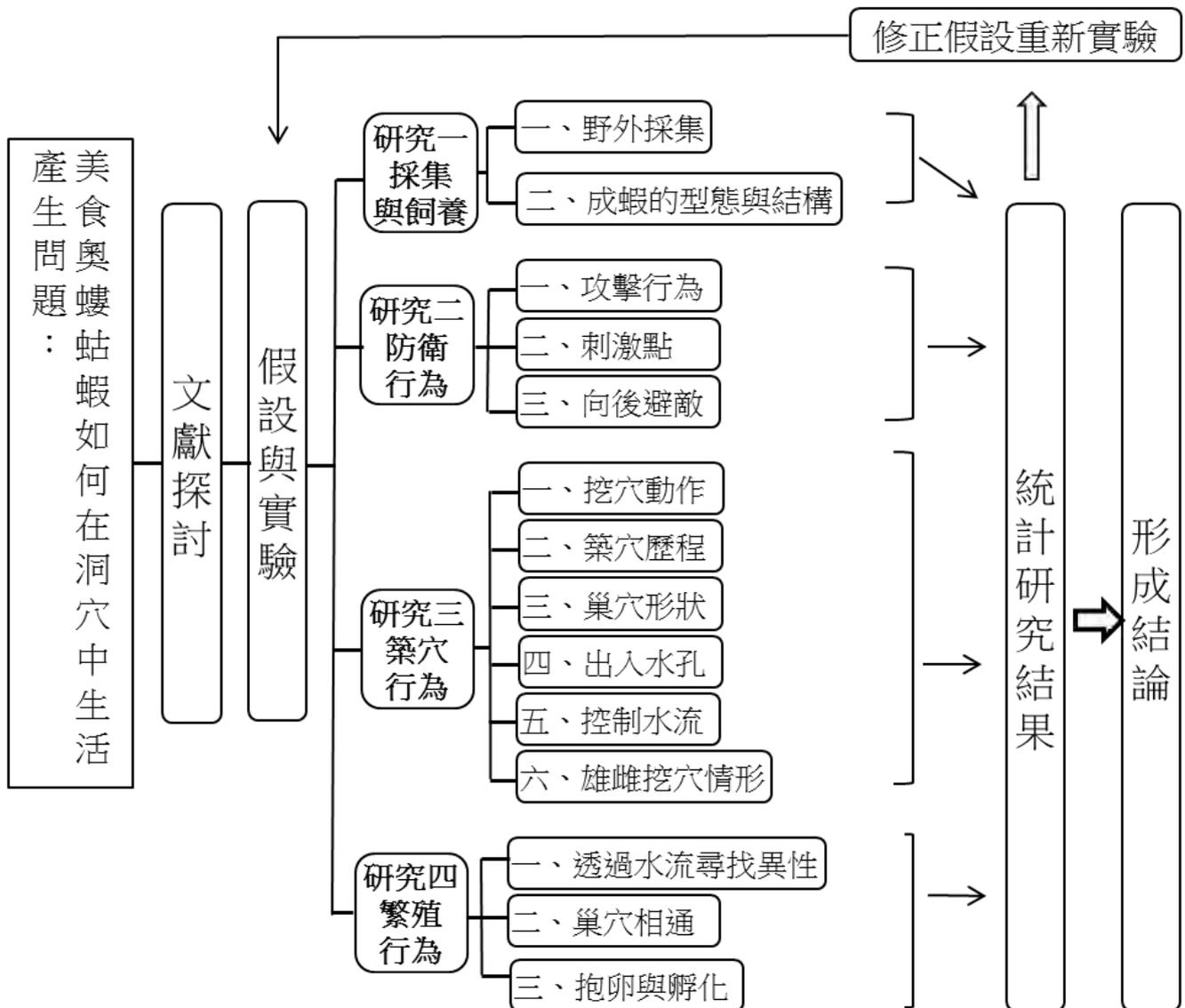
肆、研究設備及器材

一、採集器材：蝦猴耙、白鐵叉、養殖盒

二、飼養器材：水族箱(3 尺*1.5 尺)、過濾桶、冷卻機、蛋白機、飼育盒、LED 燈具、打氣機、氣石、計時器、活石、海水

三、實驗器材：波力桶、過濾器材、沉水馬達、玻璃夾層、長尾夾、塑膠水管、壓克力管、分隔板、海沙、海水、相機、攝影機、顯微鏡、尺

伍、研究過程或方法



圖二：實驗流程與架構圖

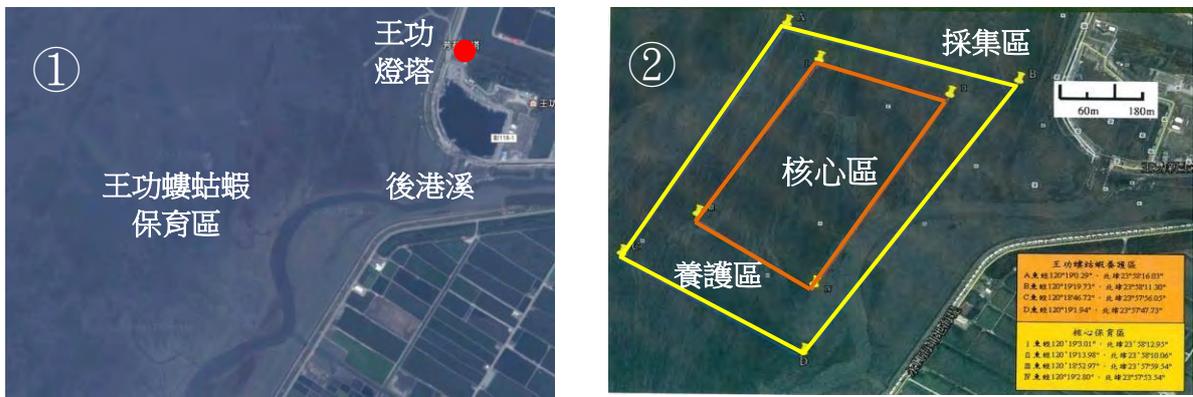
【研究一】美食奧螻蛄蝦的採集與飼養

一、野外採集

(一)方法：

1.採集地點：王功螻蛄蝦保育區外圍

彰化區漁會在芳苑鄉王功漁港出海口，劃設42公頃的蝦猴繁殖保育區(圖三)，17.5公頃為核心區，除學術研究外，全年禁止採捕各類水生動植物，其餘範圍是養護區，僅供教學、體驗活動，開放示範採捕螻蛄蝦，完後原地放生，不得帶出保育區。我們步行至保育區，蝦猴分布密集處進行實地踏查，而在保育區外圍進行蝦猴採集作業，帶回學校飼養進行研究。



圖三： 1.王功螻蛄蝦保育區位置圖、2.採集區示意圖

2.採集工具：



特製白鐵叉：漁民用來捕捉紅蟲，退潮時，直接深入沙地 50 公分深，快速產生缺口。



蝦猴耙：當遇到混合著海水的泥沙時，可以將沙挖出，減少海水帶來的阻力與重量。

圖四：蝦猴採集工具

3.捕捉方式：

尋找蝦猴洞分布密集的地方，以直徑一公尺的呼拉圈定位，用圖四中的白鐵叉沿外圈破壞彎曲的蝦猴洞穴，再用蝦猴耙，把挖出來的沙土堆在洞穴旁，深度 50 公分，海水混濁後，蝦猴因呼吸不順，便會浮出水面，採集完後回填挖出的泥沙。(如圖五)



尋找蝦猴洞



以呼拉圈作為挖掘的範圍



利用白鐵叉破壞蝦猴洞穴



用蝦猴耙將海水中的泥沙耙出



用勺子將海水舀出來



將海沙圍在挖掘處的周邊



呼吸困難的蝦猴會浮出水面



捕捉到幼蝦，放回沙地繼續長成

圖五：採集蝦猴的過程

(二)結果：

表二：採集蝦猴地點座標及隻數紀錄表

採集地	23°58'25.6"N	23°58'28.4"N	23°58'31.3"N	23°58'28.9"N
座標	120°19'21.0"E	120°19'17.8"E	120°19'16.0"E	120°19'19.8"E
隻數	38(雄：8 雌：30)	54(雄：39 雌：15)	75(雄：23 雌：52)	46(雄：31 雌：15)

(三)發現：

在採集之前，認為同一區域內雄雌蝦猴數量應該相距不遠，但在表二中可發現四個地點採集到的數據，雄雌數量差距頗大，顯示雄雌蝦猴築穴的環境條件需求並不一致，是否與地形、水流等有關，則有待進一步的研究。

二、成蝦的型態與結構

(一)飼養方法：

- 1.以水族箱(3*1.5 尺)養殖，水體內包含海水、活石、過濾系統、蛋白機。(如圖六)
- 2.飼養蝦猴之前，在水體放入活石，先養水一個月，每日照燈 8 小時，海水比重約為 1.024 至 1.028 g/cm³，夏季使用海水冷卻機，水溫維持在約 25 度。

3. 為避免互鬥導致死亡，用上下隔開的飼育盒養殖，在盒上編號，以吸盤固定於缸壁，方便觀察，若有死亡的蝦猴，能及時發現，以免汙染水質。
4. 定時刷缸壁上孳生的藻類，除了避免水質變差，也能作為蝦猴的食物。



蛋白機：利用氣泡增加空氣與海水接觸的面積，除去有害的物質，增加水的溶氧量。

活石：初期為穩定水質狀況，附著於表面的藻類，能成為優異的生物過濾系統。

雨淋管：呈 45 度角直接對著缸壁噴，可以增加水的含氧量又不會造成水面動盪。

飼育盒：內附活動式隔離座，一個盒子可飼養兩隻蝦猴，吸附在缸壁，易觀察。

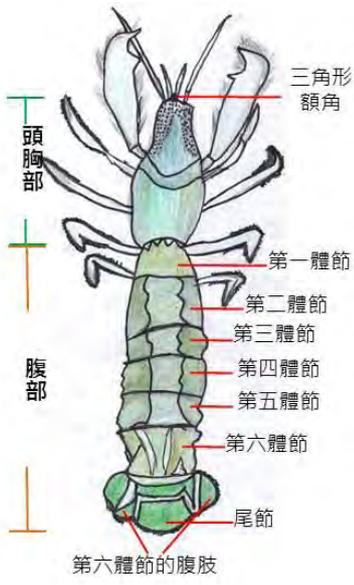
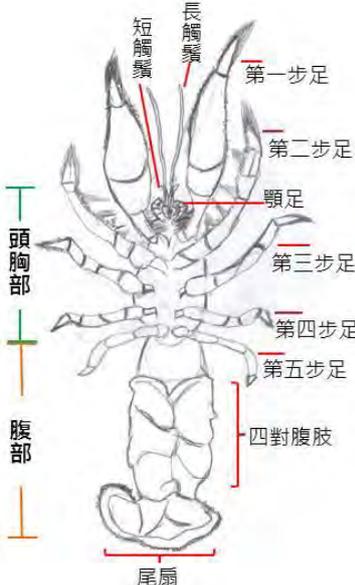
圖六：人工養殖蝦猴裝置說明

(二)結果：

在室內建置水體，用飼育箱隔離式飼養的方式，可以讓成蝦持續覓食、脫殼，維持身體的生長。另外，目前尚無方法界定蝦猴的年齡，成蝦以觀察體長變化為主，發現雄蝦脫殼的周期較雌蝦短，約 25-30 天，而雌蝦則為 40-45 天，脫完殼後，外殼變軟，體質虛弱，是最脆弱的時候，而脫下的舊殼可以當作補充鈣質的食物，有利於讓牠的外殼變硬。我們將成蝦各部位構造及功能，用文字描述和圖片呈現如下：

1. 蝦猴背面與腹面型態觀察(如表三)：

表三：蝦猴背面與腹面結構說明

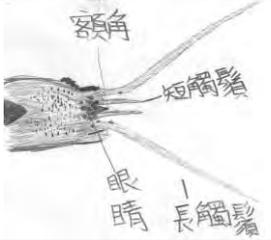
背 面		腹 面	
			

頭胸部：由頭部和胸部組成，外層的甲殼薄軟，有三角形額角。具有觸鬚、顎足、眼睛和五對步足等構造。

腹 部：七節體節組成，最後一節扁平成長方形，稱為尾節。雄蝦第一體節不具腹肢，雌蝦則有一對退化的細小腹肢，從第 2 到第 6 體節都具有一對腹肢。

2. 蝦猴各結構描述與圖片(如表四)：

表四：蝦猴各細部結構介紹

部位	描述	手繪圖	部位	描述	手繪圖
觸鬚	絲狀，一直線，中間無轉折處，兩對，位於眼睛下方，短觸鬚在內，長觸鬚在外，長度比約為 2：5。		眼睛	位於額角及觸鬚之間，用強光照射眼睛，並無反應。	
顎足	共有三對，位於口器處，具攝食功用。第一對步足過濾完食物後，利用顎足將食物送入口中。		第一步足	分五節(基節、長節、腕節、掌節及指節)，成鉗狀，足上有剛毛，雄蝦寬且長，雌蝦細長，具有濾食、威嚇和挖沙的功能。	

<p>第一步足</p>	<p>構造同第一步足，成爪狀，剛毛的數量略少，較第一步足略微細短，負責挖沙及爬行。</p>		<p>第三步足</p> <p>構造同第一步足，成爪狀，掌節較第二步足略短，長節無剛毛。</p>	
<p>第四步足</p>	<p>構造同第一步足，成爪狀，長節變得較細，只有掌節有剛毛。</p>		<p>第五步足</p> <p>長節長度變短，腕節和掌節的長度變長，剛毛短，只出現在掌節。</p>	
<p>腹肢</p>	<p>腹肢表面有弧度，能有效的撥動水流，具游泳功能。</p>		<p>尾扇</p> <p>第 6 體節的腹肢向後延伸，和尾節組合形成尾扇。</p>	

3.雄蝦與雌蝦形態上的差異(如圖七)：

			
<p>雄蝦：第一對步足較大</p>	<p>雌蝦：第一對步足較細長</p>	<p>雄蝦：第一腹節沒有腹足</p>	<p>雌蝦：第一腹節具有一對特化的腹足</p>

圖七：雄雌蝦猴的辨別方式

(三)發現：

蝦猴的身體構造似乎是為了在潮間帶立足而打造的，螯掌具有挖沙、威嚇和濾食的功用；步足除了協助挖沙、步行，也能清理身體；當遇到危險時，靈活的腹部會彎曲，向後彈射，再運用腹肢游離危險，在之後的實驗中我們要進一步探討這些行為，這可以幫助我們解牠如何可以戰勝變化劇烈的環境，善用身體的構造在沙層生存。

【研究二】探討美食奧螻蛄蝦的防衛行為

從林鳳嬌 (1995) 知道有「一穴一蝦猴」的習性，但又從彭紹宏 (2009) 發現原來有少數蝦猴洞是相通的，因此，我們假設蝦猴在巢穴中相遇會有「攻擊」和「避敵」的防衛行為，「攻擊」是侵略性的前進行為；「避敵」是後退的閃躲行為。

一、攻擊行為：當蝦猴相遇時，會有怎樣的攻擊行為呢？

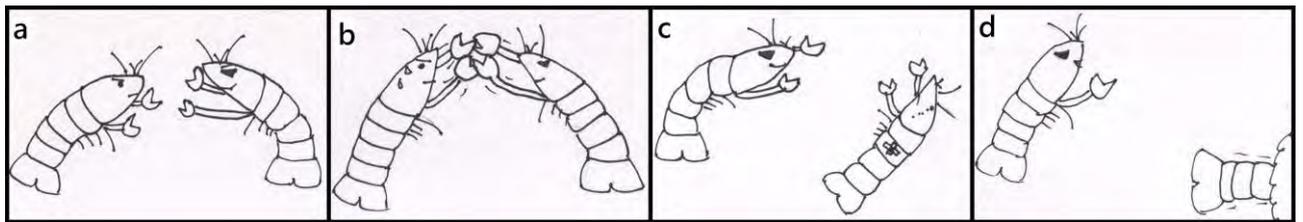
(一)方法：

- 1.隨機挑選四隻蝦猴，先放兩隻到透明水槽內，每隔十分鐘再依序放入其他兩隻。
- 2.觀察二十組，將攻擊行為記錄下來，在圖八整理歸納蝦猴的攻擊模式。

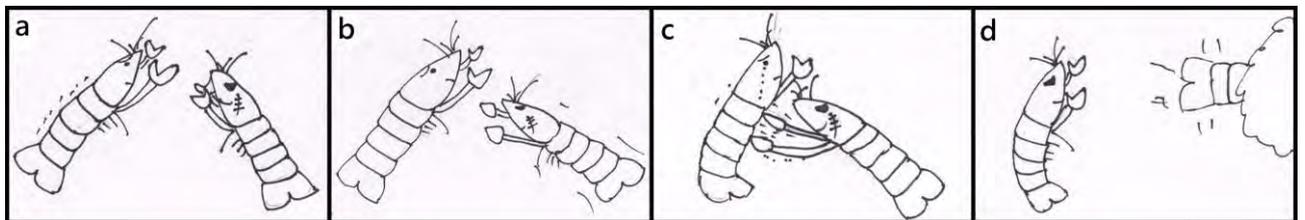
(二)結果：

實驗中我們嘗試不同的組合，蝦猴的數量 2-4 隻，搭配不同性別、不同體長，整理觀察的紀錄之後，我們認為蝦猴的攻擊本能不會因不同性別和體長而有差異，觀察發現，蝦猴有很強的趨地性，除了休息，活動時間大部份的動作都是往下鑽，牠們會頭部向下，螯掌和第二對步足向前探索，如果遇到堅硬的物質便會轉向，當行進中螯掌如果遇到拉扯的力道，才會產生激烈的攻擊，我們將觀察到的攻擊模式整理如下：

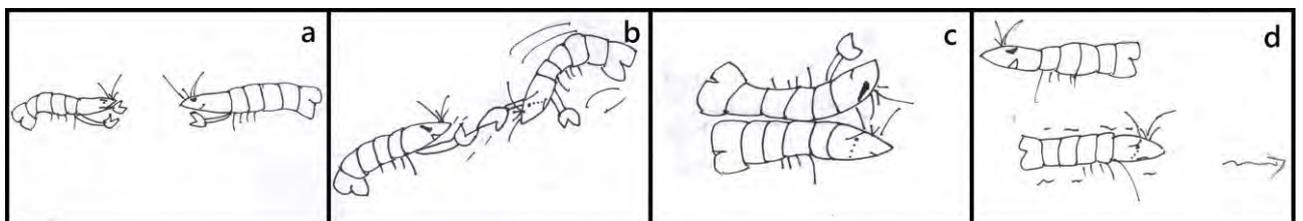
1.角力：以螯掌相鬥、對峙，其他步足和腹肢輔助出力，輸方自動游開。



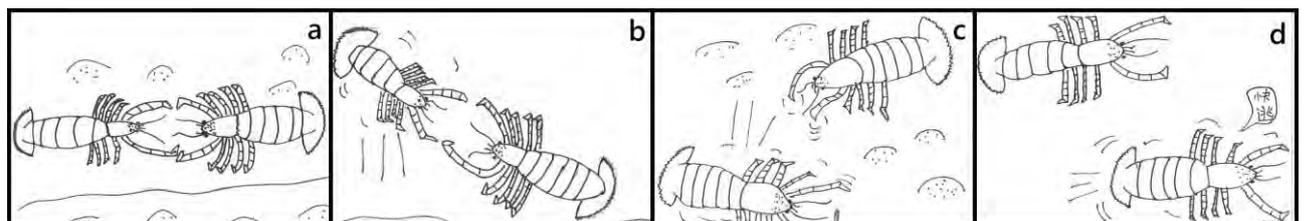
2.側翼突擊：以螯掌攻擊對方腹部，腹部無殼甲保護，是脆弱之處。



3.泰山壓頂：游到對手頭頂，以身體向下施壓。



4.拋甩：強者以螯鉗住對方的螯掌，將對方整隻往旁邊甩。



圖八：蝦猴攻擊行為模式(1.角力；2.側翼突擊；3.泰山壓頂；4.拋甩)

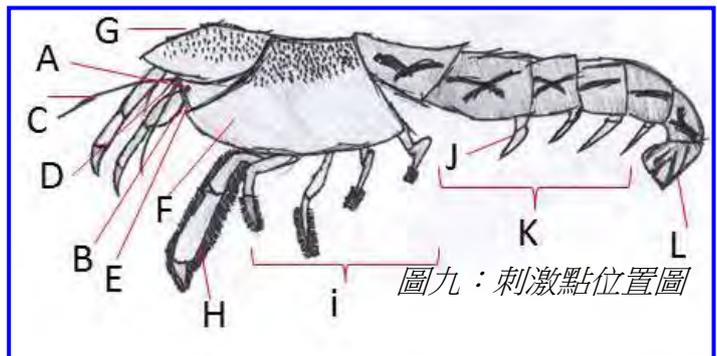
(三)發現：

- 1.研究結果發現，激烈的攻擊行為會導致蝦猴身體受傷或斷肢，雖然可以透過脫殼重新長出，但受傷期間還是很容易死亡，所以如何避免蝦猴觸發攻擊行為，來提高存活率，是飼養蝦猴一個重要的關鍵技術。
- 2.蝦猴在互鬥結束之後，當再相遇，還是會互相攻擊彼此，也發現牠們並沒有呼朋引伴，打群架的社會行為，都是採單兵作戰，因此我們很好奇，蝦猴是群居動物，但生活方式卻是獨門獨戶，不互相往來，那是如何在地底進行繁殖的呢？這也是我們本研究的重點。

二、刺激點：刺激蝦猴哪個部位，反應最激烈？

(一)方法：

在長方形塑膠容器中注水，選擇12處蝦猴可能會有反應的部位(圖九)，用扳直的迴紋針給予刺激，觀察並記錄反應動作。



圖九：刺激點位置圖

(二)結果：

表五是記錄蝦猴受刺激後的反應行為以及激烈程度：

表五：十二處刺激點的反應動作與激烈程度

部位	A 眼睛	B 嘴	C 長觸角	D 短觸角	E 顎足	F 鰓	G 頭頂	H 螯掌	I 2-5 對步足	J 泳足	K 腹部體節			L 尾扇
											一、二	三、四	五	
反應動作	後彈跳一下 尾部捲曲後，向	撥開 用步足將迴紋針	沒反應	沒反應	動作 以顎足做阻擋的	後彈跳 尾部捲曲後，向	速向後游開 先向後彈，再快	以螯掌反擊	撥開迴紋針 用受刺激的步足	沒反應	快速往前游	中速往前游	慢速前進	轉彎 尾部捲起或快速
激烈程度	★★★	★			★	★★★	★★★ ★	★★ ★	★		★★ ★	★	☆	★

(三)發現：

圖十是當蝦猴受到刺激時，牠的第四-六體節呈現捲曲狀，瞬間伸展，往後彈射，腹肢會配合方向，加速擺動，步足會縮在頭胸部，減少游泳時的阻力，如果脫離危險，要減速時，則將步足伸展開。

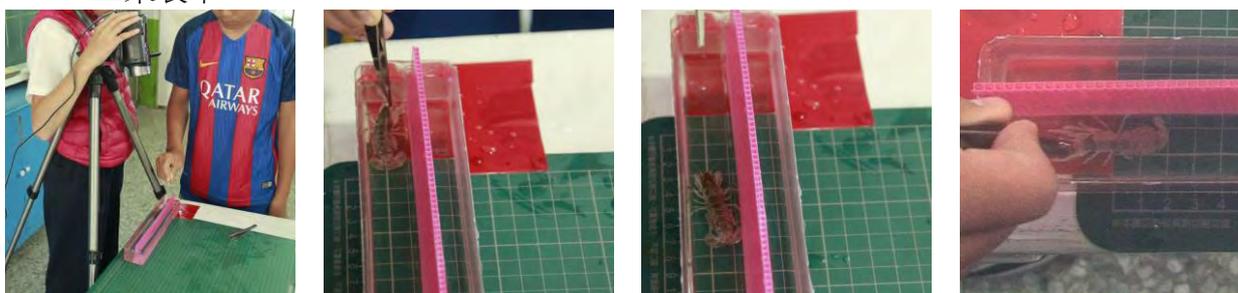


圖十：蝦猴向後彈射連續動作

三、避敵行為：蝦猴避敵時，向後彈射游動的能力如何？

(一)方法：

- 1.在透明塑膠盒內加入海水，下面墊著有尺規的墊板，作為測量工具；紅色部分是蝦猴的預備區，尾部靠著尺規的起點；用鑷子刺激蝦猴頭頂，並在上方架攝影機，記錄蝦猴後退的長度。(如圖十一)
- 2.取雄雌蝦猴各五隻，每隻刺激兩次後，再換下一隻，以免被刺激到麻痺，而沒有反應，每隻共實驗十二次，去除掉最好和最差的長度數據，其餘十次平均，為蝦猴的避敵後退的平均長度。
- 3.游標尺測量十隻蝦猴體長，在表六中將避敵後退距離與蝦猴體長做比較，並以圖十二來表示。



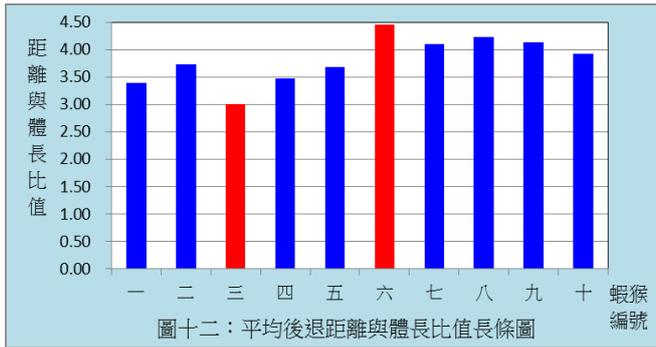
圖十一：避敵行為實驗(拍攝位置與實驗裝置)

(二)結果：蝦猴感受到危險之後，可以瞬間往後彈射自己體長 3 到 4.4 倍的距離。

表六：向後彈射平均距離、蝦猴體長和比值統計表

編號	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
平均距離 (cm)	10.33	15.6	11.49	12.26	13.52	20	17.73	14.43	21.47	15.77
體長(cm)	3.05	4.18	3.83	3.54	3.67	4.5	4.32	3.42	5.19	4.03
比值 (距離/體長)	3.39	3.73	3.00	3.46	3.68	4.44	4.10	4.22	4.14	3.91

(三)發現：



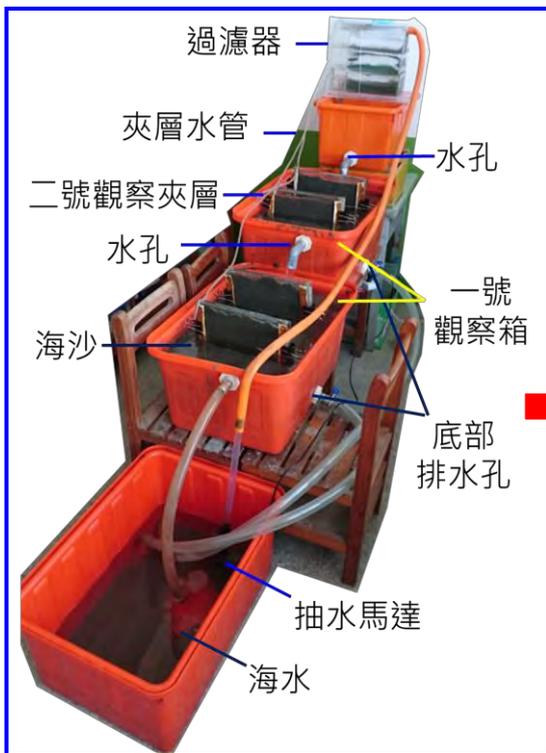
蝦猴築穴於沙層，除了人類這個天敵之外，比較有可能的是俗稱土龍的波露荳齒蛇鰻。蝦猴的游泳能力不佳，當遇敵時，為了要有保命的機會，牠的向後彈射需搭配洞穴的結構，才有可能逃過土龍快速的

掠食，因此我們下一階段想研究蝦猴的築穴行為，解開蝦猴洞的祕密。

【研究三】蝦猴的築穴行為：

在觀察築穴行為的實驗中，主要是以下列兩項裝置中進行。

◎自製海水循環系統(圖十三)：為了讓有限的海沙和海水能徹底利用，將波力桶以階梯式的排列，除了節省空間，也能讓海水不斷的流動，蝦猴才能築穴。



細部放大圖



以馬達抽海水，並設分水裝置，調整水流大小



為使底部水能流動，在箱底開洞，以布隔絕沙

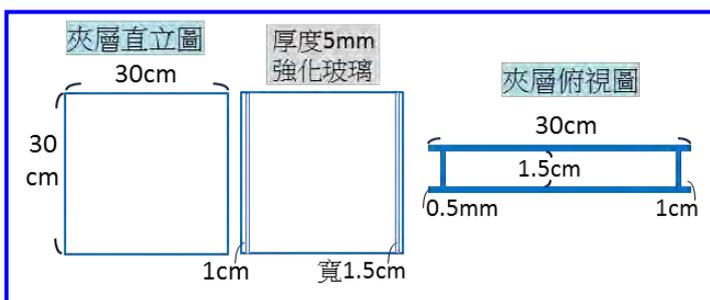


一號觀察箱內放入王功帶回來的海沙



水孔下放塑膠量杯，避免水流造成泥沙流失

圖十三：自製海水循環系統設備說明



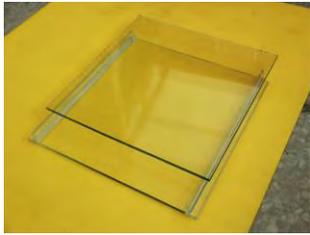
圖十四：二號觀察夾層裝置說明

◎二號觀察夾層：為觀察蝦猴築穴行為，設計圖十四的觀察夾層，透過玻璃觀察牠的行為，挖完巢穴後，也能打開玻璃片，清楚呈現巢穴的結構。另外採用玻璃材質作為夾層，主要是在沙子和海水的擠壓下不會變形，造成巢穴塌陷。

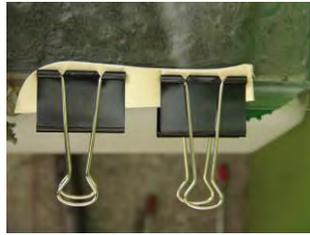
一、挖穴動作：蝦猴如何利用身體結構來進行挖穴？

(一)方法(如圖十五)：

- 1.在二號觀察夾層中放沙，以長尾夾固定玻璃，底部用布包著，放入一號觀察箱固定。
- 2.將蝦猴分別放進夾層，利用塑膠軟管以虹吸原理製造水流，觀察記錄挖穴動作。



玻璃夾層：厚度 5 公分
厘米間隔 1.5 公分



用長尾夾固定，接觸點用泡棉做緩衝



觀察箱沒有封底，是為讓水不會回堵



底部以布包覆，避免沙子流失



壓克力管埋於沙層底部做為定位點



夾層固定於一號觀察箱的海沙上



橡皮管上剪小洞，以虹吸原理引導水流



每夾層放置一雄雌蝦猴，記錄挖穴狀況



兩人同時拉住底部的布，將夾層拔起



水平拿穩，同時拿起長尾夾，避免施力不平均



垂直移開玻璃，才不會破壞洞穴形狀



拍照記錄蝦猴洞穴的形狀

圖十五：用二號觀察夾層實驗蝦猴挖穴情形的方式

(二)結果：觀察到蝦猴挖穴主要有四個動作

表七：挖穴動作彙整一覽表

動作	照片	動作說明	用途
鐵頭功		以正面的姿勢將頭栽進泥沙中，用螯掌和第二對步足將沙挖出一個小洞	一開始最主要使用的方法，可以鬆土，也可以搬運

螺旋鑽土機		<p>螯掌和第二對步足先挖穴，其他步足旋轉身體，以不同的角度將土挖開</p>	<p>當泥沙較硬時，無法使用鐵頭功，使用此招</p>
黏壁功		<p>用螯掌、第二對步足和顎足將泥沙鋪平，再用其他步足讓泥沙壁緊實</p>	<p>用泥填補沙和沙之間的空隙</p>
神鬼搬運		<p>將沙土用前三對步足配合剛毛夾住，再利用腹部的力量轉身游到洞外放下</p>	<p>在通道裡面最常使用的快速挖土方式</p>

(三)發現：

蝦猴不分雄雌，在挖穴的動作上並沒有差異，在表七中發現牠們會依照遇到的狀況而有不同的動作，就像計算精密的工程師，一步一步的建造牠的地下城堡，令我們佩服的是牠身上的每一個部位都是牠挖穴的工具，讓牠可以從無到有，在沙層裡穿梭。

二、築穴歷程：蝦猴築穴時，是一次完成？還是分階段完成呢？

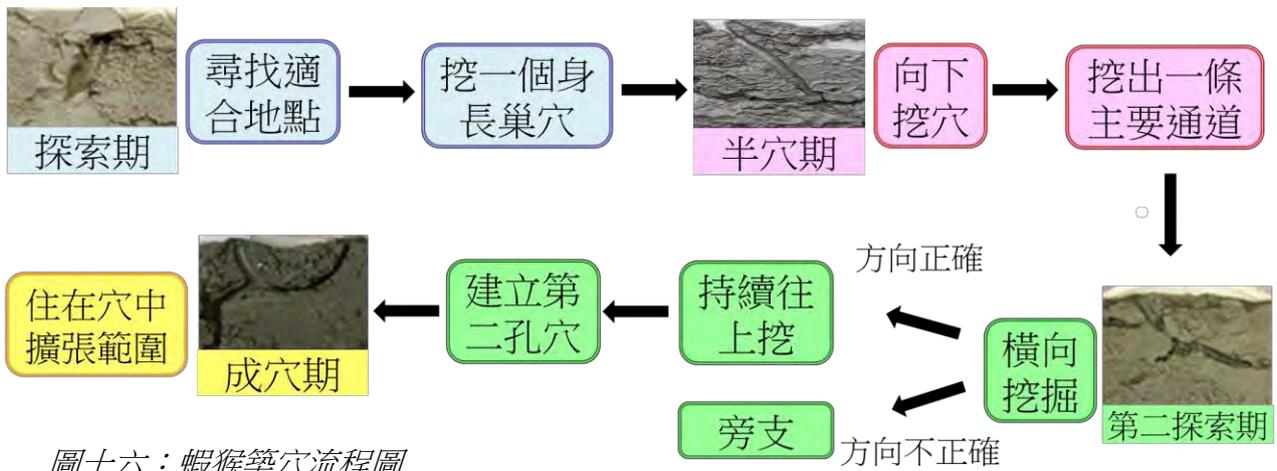
(一)方法：同上子實驗

(二)結果：經觀察後，整理蝦猴從開始挖穴到洞穴完成，可細分為四個時期(如表八)。

表八：蝦猴築穴的四個時期一覽表

時期	說明	築穴進度照片
探索期	<ol style="list-style-type: none"> 1.在沙面游走尋找適合的地點挖穴。 2.找到適合地點後開始往下挖沙，挖至一個身長後，倒轉方向，頭向洞口，以尾部倒退入洞穴內。 3.以步足和身體擠壓洞穴管道，形成光滑且堅固的蝦猴壁。 	
半穴期	<p>此時期蝦猴仍會爬出洞穴，重複兩個動作，做單向的挖穴行為：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.頭向下：繼續挖掘，延伸洞穴 2.頭向上：增厚洞穴管壁，並使管壁光滑 	

<p>第二探索期</p>	<p>當蝦猴開始橫向挖穴行為時，就進入第二探索期。這個階段主要是挖出第二個孔穴，從半穴期挖掘的主要通道做探索，當挖掘的通道不適合時，便做為旁支，再回到主要通道繼續挖掘，直到挖出沙面，讓海水能夠流入洞穴中循環。</p>	
<p>成穴期</p>	<p>進入成穴期的蝦猴除非洞穴受到破壞或干擾，不然不會再爬出沙面，會持續在沙中挖掘，並永久待在洞穴中生活。</p>	



圖十六：蝦猴築穴流程圖

(三)發現：

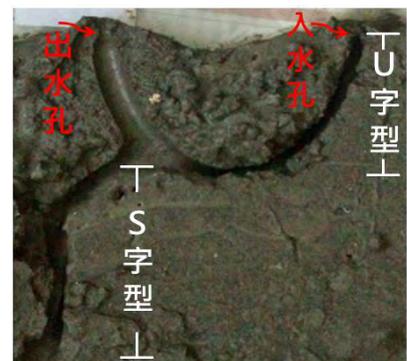
在建立蝦猴築穴歷程的實驗中，我們曾多次發現一打開夾層，沙子的含水量過多，洞穴無法成形，甚至有蝦猴被活埋在沙裡。顯示對蝦猴而言，泥沙比例會是築穴是否能夠成功的關鍵。泥太多，容易阻塞住洞口，水流無法順利流動，帶來氧氣；沙太多，容易塌陷，無法建構蝦猴壁。這也說明為何同一片泥灘地，蝦猴洞的分布卻不平均。

三、巢穴形狀：雄雌蝦猴巢穴的形狀是否有差異呢？

(一)方法：將雄雌蝦猴各 20 組夾層所拍攝的照片做整理，用繪圖工具繪製成路線圖，旁支用紅色虛線標示，比較雄雌蝦猴洞穴形狀的差異。

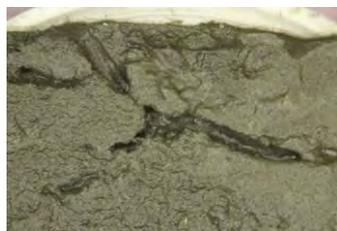
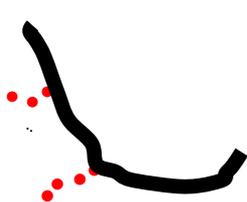
(二)結果：

1.比對完路線圖後發現，雄雌蝦猴的完整洞穴都呈 Y 字型(如圖十七)，可分兩部分，上是 U 字型，



圖十七：巢穴結構說明

多旁支，為出入水孔的管道，下為 S 字型，是蝦猴成穴期後，主要擴張的路徑。比較雄雌蝦猴的洞穴形狀，雄蝦猴在 U 字型的部分路徑較曲長，且幾乎都有旁支，而雌蝦猴則較筆直，少旁支(如圖十八)；在 S 字型的部分則無明顯差異。



雄蝦猴的U字型管壁較曲長

雌蝦猴的U字型管壁較筆直

圖十八：雄雌蝦猴洞穴路徑示意圖

*紅色虛線代表旁支

2.測量雄雌蝦猴 U 字型部分，出入水孔的距離受限於夾層寬度，因此不做討論；而平均深度則為 11 公分。

(三)發現：

蝦猴洞穴的形狀與牠的穴居生活應有密切相關，U字型的部分主要是讓水能夠在洞穴裡流通，帶來氧氣和食物，S字型部分向下延伸，蝦猴利用這部分克服溫度劇烈變化的環境，也能躲避敵人。而造成雄雌蝦猴洞穴形狀不同的原因，我們推測主要和繁殖有關，雌蝦猴因有抱卵的需求，所以在挖掘洞穴時，大多是採直線前進，不僅較不費力且也較快進入沙層內部，有其考量。

四、出入水孔：在潮間帶，蝦猴巢穴的 U 字型部分深度和寬度之間的關係為何呢？

蝦猴洞穴有兩出口，一為入水孔，一為出水孔。在出水孔外常可見小土丘的外觀。洞穴內壁顆粒細緻並經由蝦猴之推擠形成光滑堅硬的表面，成為近圓形之管道。(如圖十九)



蝦猴洞穴的出水孔

蝦猴洞穴的入水孔

光滑的蝦猴壁

洞穴的圓形管道

圖十九：蝦猴洞穴介紹

(一)方法：以直徑 1 公尺的呼拉圈做範圍，有 50 個以內的洞穴屬於分布疏，50 個以上屬於密集，各取 50 組樣本。

1.出、入水孔的寬度：兩孔之間水流相通，以手擾動一孔的水，另一孔的水面即會出現混濁狀，找到兩洞後，分別插上鐵棒做為標示，以直尺測量兩鐵棒間的距離。

2.出、入水孔的深度：以手指深入洞穴，延著管壁摸索，當管壁趨於平坦或遇到分叉口，即停止前進。以塑膠尺垂直向下插入沙層內，測量沙面至手指位置的深度。



孔穴還沒受擾動時，水波清澈



手指在一水孔擾動水流，另一孔成混濁狀



確認洞穴的出入水孔後，插上鐵棍做標示



以直尺測量出入水孔的距離

圖二十：測量出入水孔深度和寬度實驗方法

(二)結果

從表九得知，**蝦猴洞穴越密集出、入水孔的平均寬度越窄，越稀疏時則相反**；而出、入水孔的平均深度並沒明顯的差異。

表九：分布密度不同，出、入水孔的平均

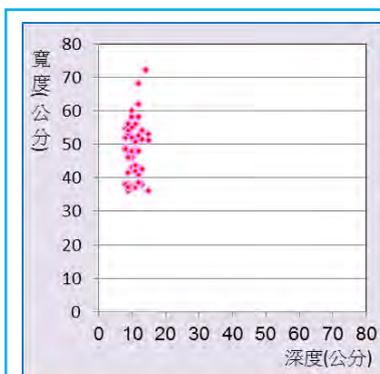
寬度與深度一覽表

密度	平均寬度(cm)	平均深度(cm)
疏	48.2	10.7
密	29.2	11.3

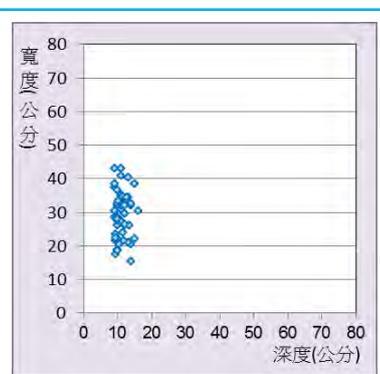
(三)發現：

1.從實驗結果可發現出入水孔的平均深度約11公分，在室內觀察雄雌蝦猴巢穴，其出入水孔的平均深度和野外巢穴一樣。

2.蝦猴洞穴的密度會影響出、入水孔的距離，一般來說，一個洞穴僅會有一隻蝦猴，當分布太密集時，為避免挖掘到其他蝦猴的洞穴，兩孔距離會變短；但從圖二十一、二十二可看出這100組樣



圖二十一：分布稀疏，出、入水孔的寬度與深度散佈圖



圖二十二：分布密集，出、入水孔的寬度與深度散佈圖

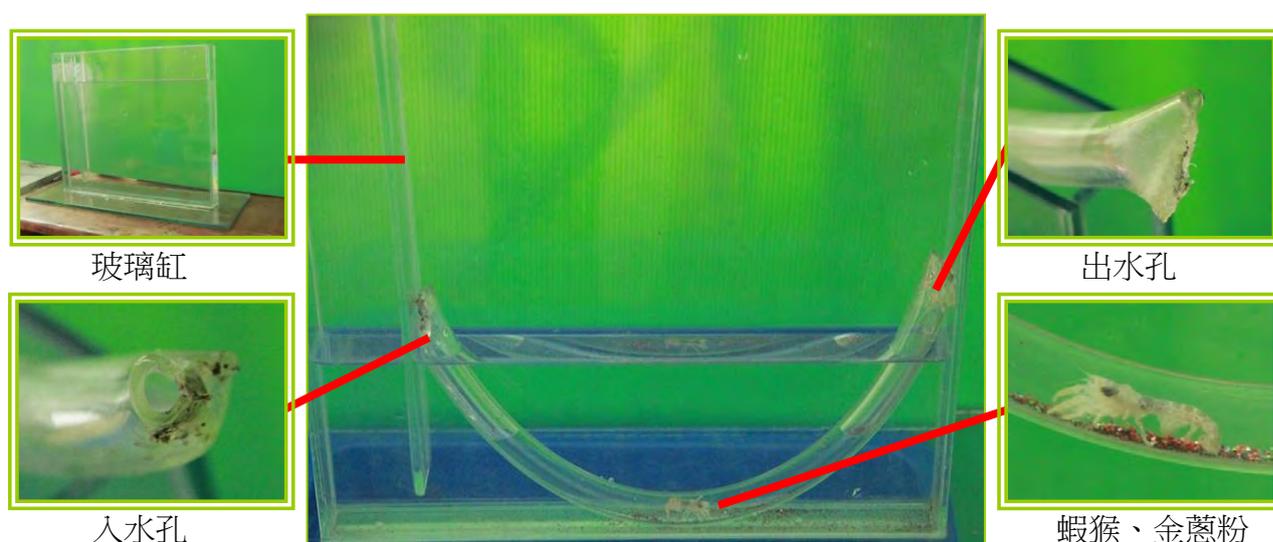
本，深度不受密度的影響，皆在11公分上下，差異並不大，我們推測這應該與水流的控制有關，而蝦猴到底是怎麼控制水流來獲得食物呢？我們想在下一個實驗做探討。

五、控制水流：出水孔的噴沙現象是如何造成的？蝦猴有辦法控制穴中的水流來濾食嗎？

蝦猴一生都待在巢穴中，牠透過水流濾食來填飽肚子，因此巢穴中水流方式和牠的生活息息相關，透過此實驗來了解，蝦猴是否有控制水流的能力，或者被動的順應水流來生存呢？

(一)方法(如圖二十三、二十四)：

- 1.以透明塑膠管做成蝦猴的U形管道，再用酒精燈將塑膠管加熱，一端開口塑形成洞口較小的出水孔。為觀察水流變化，在塑膠管內放入金蔥粉及一隻蝦猴，再將另一端開口加熱塑形成洞口較大的入水孔。
- 2.將 U 形塑膠管注入少量的海水後，放進玻璃缸底。再將海水注入玻璃缸內，直到淹沒 U 形塑膠管。以虹吸原理重覆二十次加水和抽水的動作，模擬漲退潮，觀察蝦猴、金蔥粉以及出入水孔的變化。



圖二十三：控制水流裝置圖



以酒精燈加熱塑膠管



塑膠管軟化後塑形



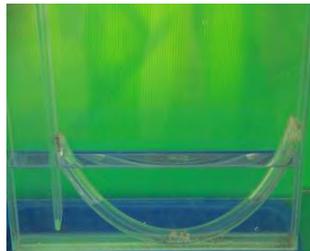
先製作一端的入水孔



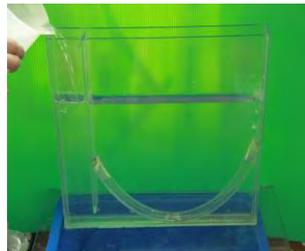
放入蝦猴和金蔥粉，製作出水孔



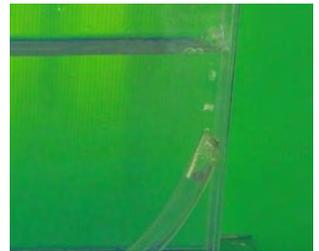
塑膠管內注入少許海水



將塑膠管放至玻璃缸，出入水孔的位置高於缸中的海水



注入海水，直到滿水位



用虹吸原理將玻璃缸內的水抽光後再加水，重複20次

圖二十四：控制水流實驗方法

(二)結果：從表十的歸納可得知，蝦猴洞穴內的水流變化，主要是因為海水水位的升降，造成壓力形成的，與蝦猴的腹肢擺動並無關聯。

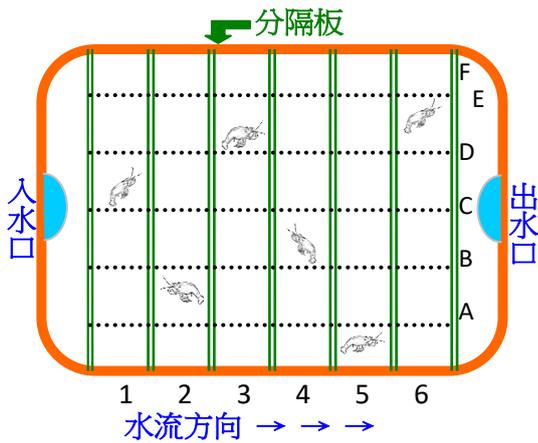
表十：蝦猴、金蔥粉和出入水孔變化情形

	蝦猴	金蔥粉	出入水孔
變化說明	當水管充滿水時，蝦猴會以步足順著 U 形管移動或翻身，腹肢有時也會隨著擺動。	當水注入水管時，管內金蔥粉會因為水位上升造成的壓力，產生攪動，並順著水流往出水孔排出	當水淹沒 U 形管時，會順著入水孔進入管內，同時，出水孔會有空氣排出，形成小湧泉。
照片			

(三)發現：

我們仔細觀察蝦猴腹肢的結構相當巧妙，不擺動時會收納在腹部，當伸展時像是有幅度的扇子，左右交錯，這是蝦猴主要游泳的工具，在實驗中發現，腹肢擺動時，的確可以造成水流，但力道卻沒有大到可以將金蔥粉湧出洞口，沙粒的重量比金蔥粉重，因此潮間帶看到的出水孔噴沙現象，應該是潮汐水位變化所造成的。

六、雄雌挖穴情形：在同樣的環境下，雄雌蝦猴挖穴的情形是否一致呢？



圖二十五：觀察箱佈置圖

(一)方法(圖二十六)：

- 1.兩個觀察箱分別放置6隻雄雌蝦猴(圖二十五)，固定時間記錄三次(早上、中午和放學後)。
- 2.為避免蝦猴互相攻擊，觀察箱用隔板分六等份，以座標方式記錄位置。
- 3.依紀錄統計雄雌蝦猴的挖穴率和其位置；並用圓點標示挖穴蝦猴的分佈位置。



蝦猴會互相攻擊而受傷造成死亡，所以需隔離以利挖穴



用不會阻擋水流的隔板將觀察箱隔成六等份



在觀察箱的寬邊，每7公分做記號，以利記錄蝦猴的位置



寬邊分成六等份，以A~F為代號



觀察箱放水，待水澄清後再放入蝦猴



蝦猴在探索哪裡適合挖穴



蝦猴開始挖洞穴



蝦猴已鑽入沙裡，沙面有一孔穴

圖二十六：蝦猴挖穴實驗方法

(二)結果：由表十一可知，雌蝦猴的挖穴率明顯高於雄蝦猴；圖二十七顯示，雄雌蝦猴皆喜歡將洞穴挖在箱子或隔板的邊緣。

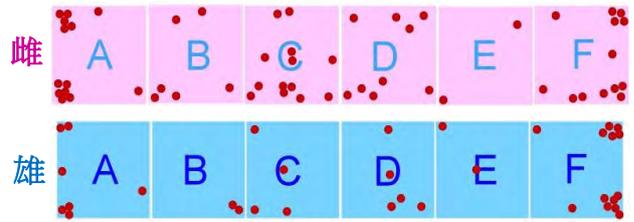
表十一：雄雌蝦猴挖穴率一覽表

批次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	合計(隻)	挖穴率(%)
雄	1	0	3	0	1	1	3	5	6	5	6	31	47.0%
雌	6	4	5	5	6	5	5	2	5	6	5	54	81.8%

*樣本數：66 隻

(三)發現：

1.我們將雄雌蝦猴的挖穴位置繪製成雌雄圖，由圖二十七中的分布可發現，雄雌蝦猴皆喜歡將洞穴挖在箱子或隔板的邊緣，由「攻擊行為」的實驗結果可知，當牠探索四周都是硬物時，便會沿著箱子的邊緣往下挖，這也可以說明，同樣的狀況若是在潮間帶，當蝦猴挖到其他的蝦猴壁時，牠便會轉向，也是為何在蝦猴洞密集的区域，但洞穴之間卻不容易相通。



圖二十七：雄雌蝦猴挖穴分佈圖

2.由室內實驗結果可知，相同的環境條件下，雄雌蝦猴挖穴的情形有明顯差異，這也驗證在野外採集時，同一區域採集的蝦猴，雄雌數量相差很大的結果。

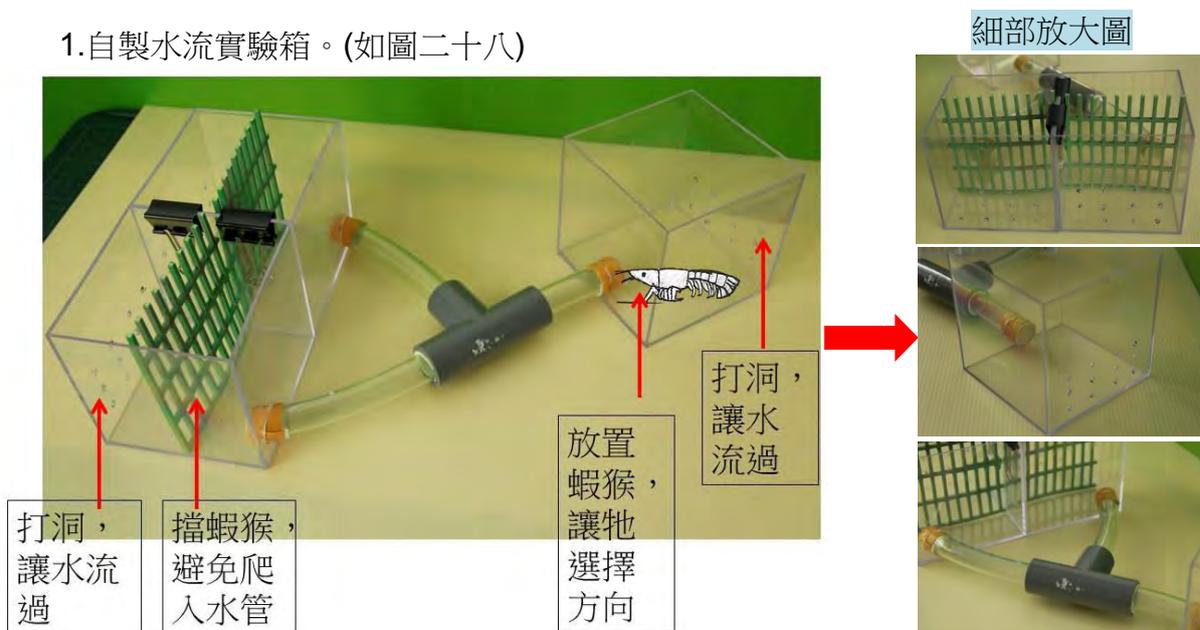
【研究四】蝦猴的繁殖行為

一、透過水流尋找異性：

由研究一得知蝦猴的視力並不佳，比較可能是利用嗅覺來尋找到對方，那水流可能是傳遞媒介之一，因此我們設計此實驗，驗證蝦猴是否有這方面的能力。

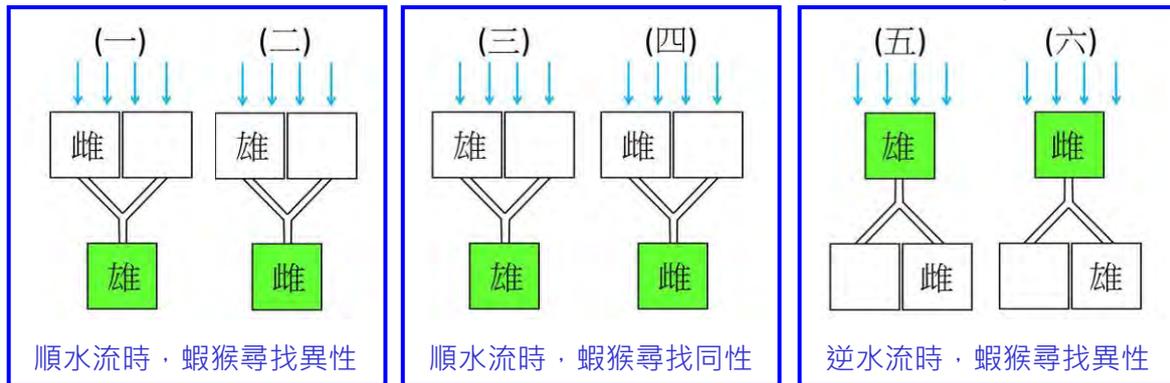
(一)方法：

1.自製水流實驗箱。(如圖二十八)



圖二十八：自製水流實驗箱裝置

2.將水流實驗箱放在一號觀察箱內，依水流方向及雄雌分成六組(如圖二十九)。(藍色箭頭代表水流方向，綠色盒子中的蝦猴為實驗者，可自由爬行)



圖二十九：透過水流尋找異性實驗分組方式

3.挑選體長相近，且雌蝦猴卵巢發育完整，在交配期進行此實驗。

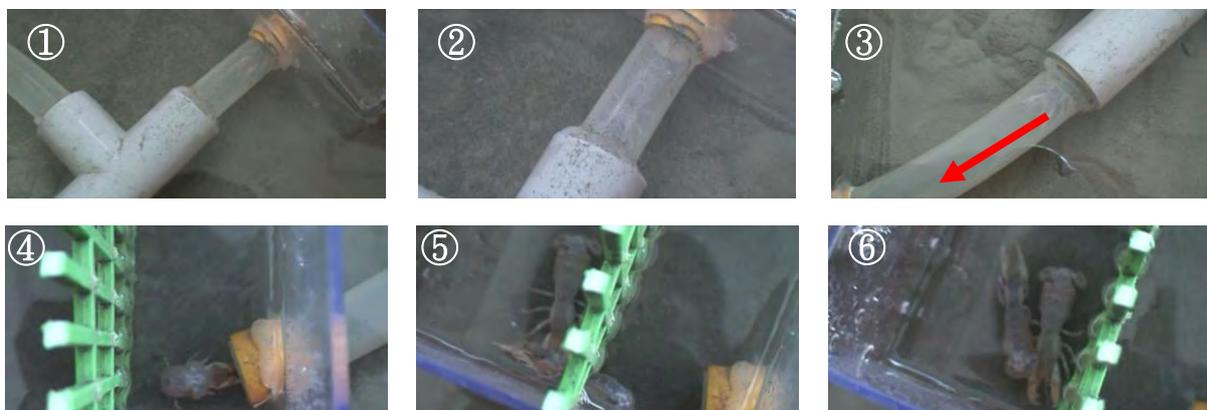
4.第 1、2、5、6 組，雄雌各十隻，而 3、4 組為同性別之實驗，則各選十隻，以交叉配對方式進行，觀察之後做記錄。

(二)結果：

從表十二可知，順著水流時，尋找到異性的成功率明顯高於逆水流時；尋找到同性的成功率為零。

表十二：透過水流尋找異性實驗成功率

狀況	順水流時，蝦猴尋找異性		順水流時，蝦猴尋找同性		逆水流時，蝦猴尋找異性	
組別	一	二	三	四	五	六
成功率(%)	94	95	0	0	25	24



圖三十：蝦猴在水流實驗尋找異性流程圖(1.蝦猴進入 Y 型水管；2.在水管中謹慎的尋找；3.選擇有異性的一邊；4.使用旋轉翻身離開水管；5.鑽過欄杆；6.任務完成)

(三)發現：

- 1.從表十二和圖三十發現，當雄雌蝦猴一前一後時，有超過九成的機率尋找對方成功，同性別時成功率為零，顯示異性之間才有互相吸引的現象，另外逆水流時成功率也遠低於順水流，顯示**水流為傳遞的主要媒介**。另外，也觀察到一個有趣的現象，當蝦猴成功尋找到異性之後，如果同樣的配對再試一次，蝦猴一旦進入 Y 形管，便不會猶豫，直接依舊路線往異性前進，這種熟門熟路的行為，是因為牠會認路嗎？還是牠能跟隨自己走過的痕跡，再走一次呢？
- 2.證實蝦猴異性間可以透過水流尋找對方之後，接下來就要了解，在實際的沙層裡，是否也會如此，因此設計下一個實驗來探討。

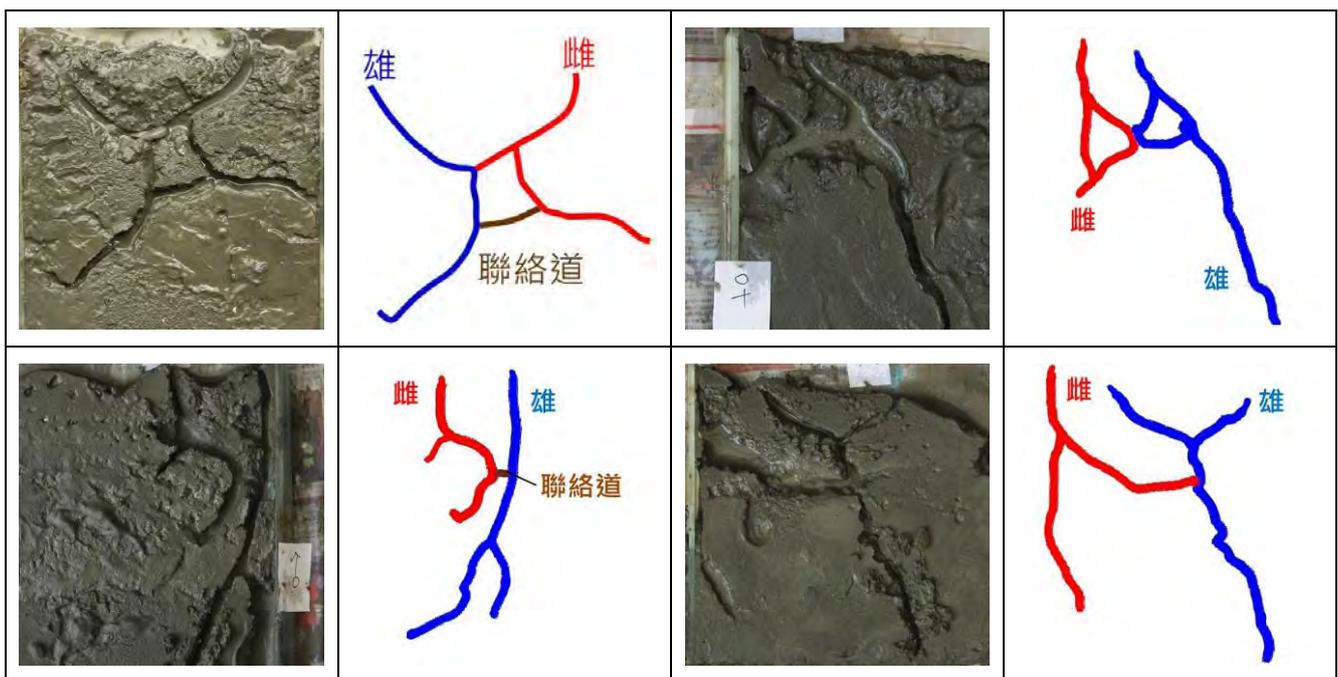
二、巢穴相通：雄雌蝦猴的巢穴是否會相通呢？

(一)方法：

- 1.同研究 3-1，將一隻雄蝦猴放入二號觀察夾層挖穴，一天之後，再放入一隻雌蝦，三天後將夾層打開。
- 2.將夾層拍照，洞穴形狀用電腦繪圖並整理。
- 3.以上述方法，將兩隻同性別的蝦猴放到夾層內，雄雌各做十二組樣本，當成對照組。

(二)結果：

我們利用二號觀察夾層，一次可做六組，實驗共進行兩個月，總樣本數 96 組，有效樣本 88 組，當中有**發現巢穴相通的樣本共有 13 組**，對照組則全部無相通現象，節錄四組如圖三十一：



圖三十一：巢穴相通照片及路線圖

(三)發現：

1.結果顯示雄雌蝦猴巢穴形狀與研究 3-3 相同，雄蝦猴形狀曲折，雌蝦猴多筆直，從目前得到的樣本數中，雖然巢穴相通的比率不高，但已經可以清楚地呈現，**蝦猴在有需要的時候會共用出入水孔，或另外挖掘聯絡道聯繫**，這是一個令人振奮的發現！

2.表十三是我們另外比對同是腹胚亞目(雌蝦會抱卵)的蝦蟹，發現蝦猴與泰國長臂蝦、日本沼蝦相同，**雄性交接器位於第五對步足基節內側，雌性生殖孔位於第三對步足基節內側**(如圖三十二)。



圖三十二：雄雌生殖器官

表十三：不同種類蝦蟹，雄雌生殖器官位置比較表

生物名稱	雄性交接器位置	雌性生殖孔位置	比對是否相符
泰國長臂蝦	第五對步足基節內側	於第三對步足基節內側	○
日本沼蝦	第五步足基部內側	第三步足基部內側	○
寄居蟹	於第 5 對胸足的腰節	在第 4 對胸足的腰節	X
龍蝦	第一對足有凸出的二隻生殖器	第三對足有凹進的二個生殖洞	X
澳洲螯蝦	第五對胸足的基部，左右各一個	第三對胸足的基部，左右各一個	X

3.我們嘗試將**一雄一雌**的蝦猴放在飼育盒，架攝影機觀察牠們的互動行為，發現除了一般的攻擊之外，出現了**雄雌各以尾部拍打對方**的特殊行為(圖三十三)，這動作是**否與交配有關係**，還需再作進一步的驗證。



同箱的雄雌蝦猴先以尾扇碰觸對方，之後抬升腹部互相拍打數次，接著同向並列。

圖三十三：拍攝雄雌同箱活動及尾部拍打對方行為

三、抱卵與孵化：母蝦在巢穴中是如何度過卵孵化的過程呢？卵孵化後，幼蝦會如何生長呢？

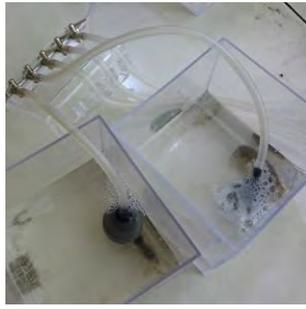
(一)方法(圖三十四)：

1.抱卵：將抱卵的母蝦獨立養在飼育箱，放置在雨淋管下方，每天觀察活動情形，並用顯微鏡拍攝卵的變化過程。

2. 孵化：母蝦的卵已成發眼卵時，將牠移到小水族箱，並打氣，定期更換海水。以顯微鏡持續觀察發眼卵，孵化成幼體之後，觀察並記錄幼體的成長變化。



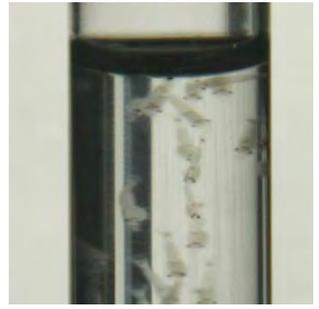
成熟發眼卵脫離雌蝦



移至透明水槽並打氣



以顯微鏡觀察蝦卵



幼體孵出漂浮在水面

圖三十四：飼養抱卵母蝦與觀察蝦卵、幼蝦

(二)結果：

1. 抱卵母蝦的步足除了清潔身體外，也會用來整理卵團，腹肢擺動時，附著在上面的卵也會隨著擺動，可以增加含氧量(如圖三十五)。



步足整理卵團



擺動腹肢增加卵的含氧量



卵黏附腹肢特寫



蝦猴卵(500倍)

圖三十五：蝦卵相關照片

2. 從圖三十六可發現，蝦卵初期呈現**暗綠色**，再轉變為**黃色**，最後發育為半透明、有**黑點、黃色營養物質**的發眼卵。以顯微鏡觀察蝦卵(圖三十七)，最初為不透明，充滿液體，之後黃色部分漸變小，發眼卵初期會有兩黑點和紅色絲狀物質形成，黑點為眼睛，紅色為色素沉澱，隨著卵越成熟，蝦猴的形體也發展的越明顯，當蝦猴眼睛周圍構發育完整、內臟器官成熟，身體體節也清楚可見時，就代表幼體即將孵出。



暗綠色

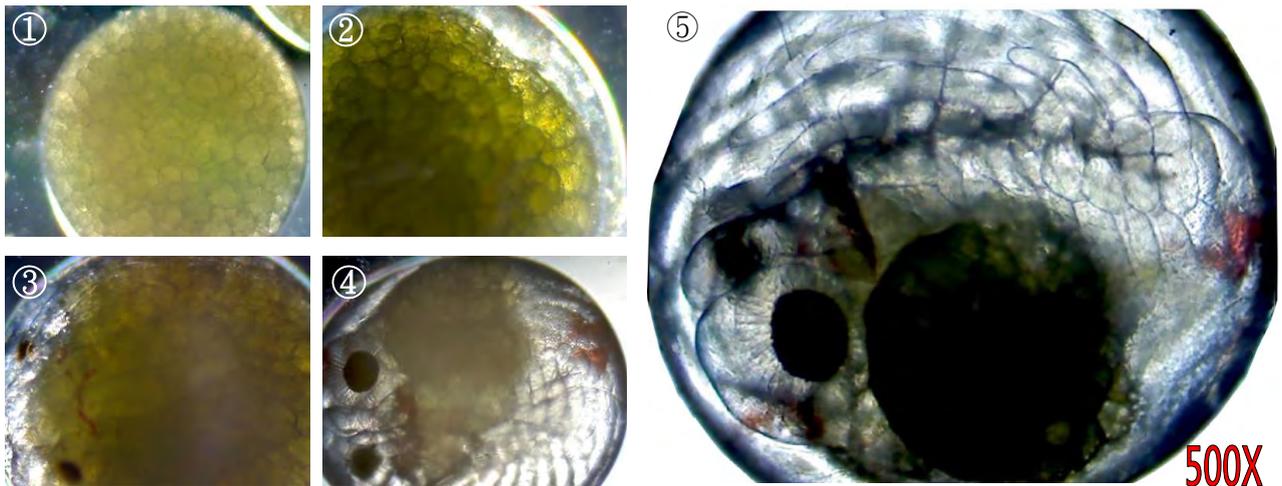


黃色



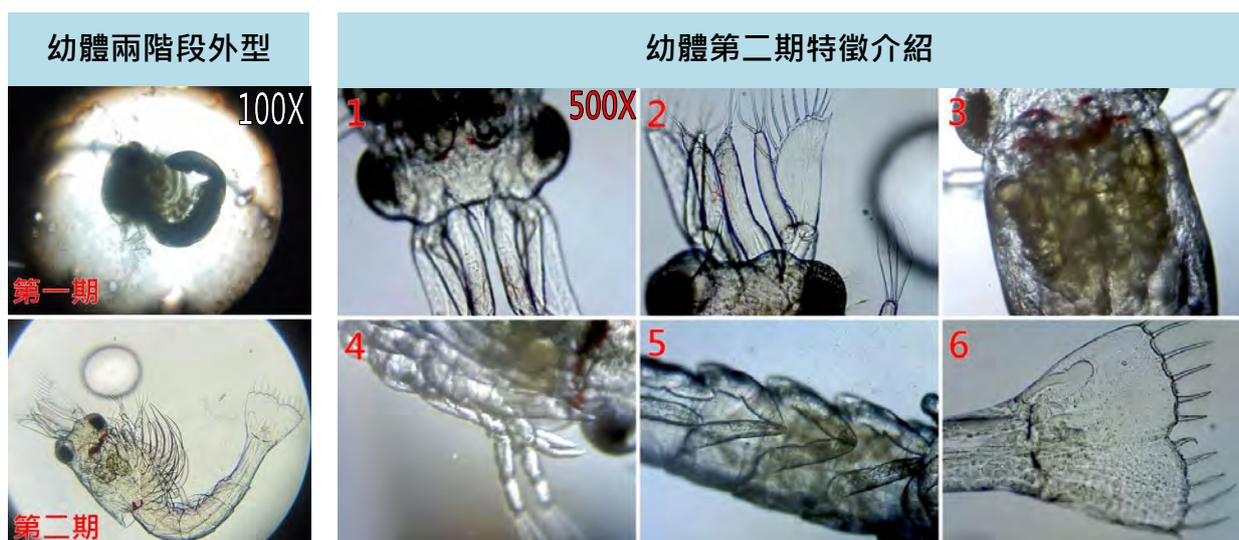
發眼卵

圖三十六：蝦卵顏色的轉變



圖三十七：蝦卵的變化過程(1.充滿黃色卵黃，不透明狀；2.卵黃漸少；3.出現眼睛和紅色色素沉澱物；4.半透明狀，身體逐漸成形；5.眼睛、內臟發育完成，體節清楚可見，接近孵化)

3.圖三十八為孵化後的幼體，我們觀察到幼體有兩階段，幼體第一期會漂浮在水面，但活動力不佳，特徵：呈現半透明、逗點狀，步足、腹肢和體節結構已略為成型；第二期幼體呈現半透明，頭下尾上在水中漂浮，利用腹部避敵的彈跳行為已經產生，特徵：頭部有三角形額角，三對顎足，上有剛毛，眼睛位於頭部兩側，頭內可清楚看見內臟器官，色素沉澱位於頭部、頭胸部和腹部交接處、尾部三處，第一、二對步足已能開始活動，腹肢尚未發育完成，尾部只有尾節。



圖三十八：幼體外型圖(幼體第二期特徵1.眼睛、額角；2.顎足；3.內臟器官；4.步足；5.腹肢；6.尾節)

(三)發現：

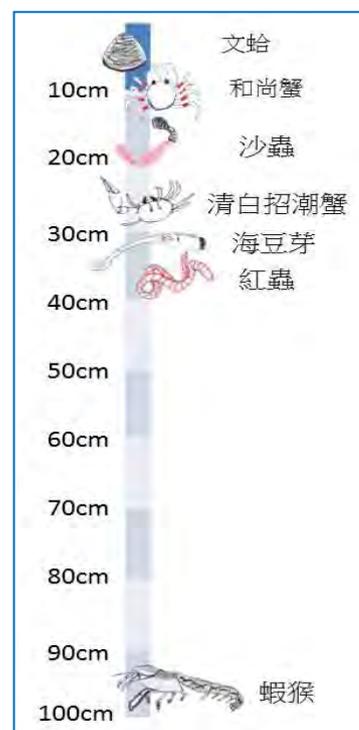
- 1.當第二期幼體步足發育完整後，便會往底部沉降，但發現沉降後沒多久幼體便死亡，可能是水質不佳或是沒有食物來源造成，因此之後我們將幼體移到二號觀察夾層，內有水流和沙層，發現幼體本能性的鑽入沙中，就沒再出來。
- 2.由實驗結果發現，雌蝦抱卵孵化的幼體第一期和第二期，都具有趨光性且需要接近水面氧氣較足夠的地方，所以在洞穴裡孵化的幼體，藉著雌蝦猴洞穴 U 字型部分短直、少旁支的特性，能順著水流由出水孔游出洞穴，沉降後再挖穴，潮汐能到的地方，蝦猴的幼體就能到，這也解釋為何在沿岸與偏外海的地區都有蝦猴洞的蹤跡，如果不要有人為的污染破壞棲地或過度捕抓，蝦猴的確有足夠的本事，在潮間帶永續生存。

陸、研究討論

一、蝦猴在泥灘地生態系的意義：

(一)蝦猴穴是蝦猴能生存於潮間帶最重要的原因，牠賴之以克服劇烈變化的溫度，更利用洞穴帶動水流覓食，在食物鏈中屬於清除者，是生態系中不可缺少的角色。

(二)我們在採集時，在不同的深度挖掘到沙蠶(俗稱紅蟲)、海豆芽、野生文蛤、招潮蟹、和尚蟹等，從圖三十九中可發現蝦猴是分布在泥灘地較為底層的生物，當人們為了捉蝦猴而破壞牠們的巢穴，同時也讓許多較上層生物的棲地遭受破壞，受這些生物吸引而來的水鳥，相對的在種類或數量也會減少。因此，捕捉蝦猴對生態相當豐富的潮間帶來說，衝擊是相當大的。



圖三十九：泥灘地生物縱向居住範圍

二、人工飼養成蝦：

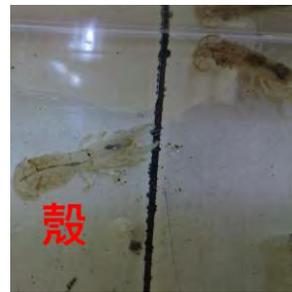
我們最初將成蝦飼養在波力桶內(圖三十九)，但發現蝦猴會一直在空間裡面互相攻擊，過幾天便陸續死亡，也影響水質，後來在桶內放入水管，讓蝦猴躲進管內，攻擊行為降低很多，但不透明的水管空間很窄，也無法觀察蝦猴的狀況，死亡的現象仍然沒有改善，後來我們選擇用大一點的水體，並用透明的飼育盒來當蝦猴的「套房」，改良之後，住進來的蝦猴，有了自己的空間，開始出現脫殼的現象，正常的生長，蝦猴主要食用清缸時產生的綠藻，也會吃自己脫下的殼，整理影響存活率的重要因子如下：(一)水溫控制在20~25度；(二)避免觸發攻擊行為；(三)定期清缸產生藻類及更換海水；(四)提供足夠的食物來源。



清缸壁將藻類刮起



讓蝦猴躲藏的水管



蝦猴與牠脫下的殼

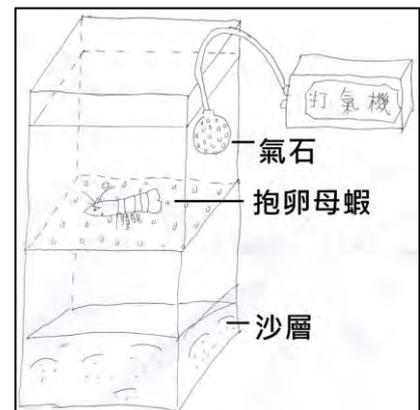


缸中增生的綠藻

圖三十九：養殖成蝦的情形

三、卵孵化成幼體的探討：

針對幼體二期沉降之後的高死亡率，我們設計一組孵化器來做改善，孵化器分成兩層，上層為抱卵母蝦孵化室，下層為沙池，上層用氣石打氣，至幼體沉降之後，打開第二層讓幼體鑽入沙池，便可以得到幼蝦苗，實驗裝置設計圖如圖四十。



圖四十：蝦卵孵化器設計圖

柒、結論

一、野外採集與人工飼養：

- (一)同一區域內雄雌蝦猴數量有明顯差異，顯示雄雌蝦猴築穴的環境條件需求並不一致。
- (二)隔離飼養可讓蝦猴順利脫殼生長，雄蝦脫殼的周期約 25-30 天，雌蝦則為 40-45 天。

二、蝦猴的防衛行為：

蝦猴螯掌被拉扯時會觸發攻擊行為，以步足、身體作為攻擊的武器，我們歸類為四招：角力、側翼突擊、泰山壓頂和拋摔；蝦猴頭部受刺激時，反應會最大；當牠遇到危險時，會以向後彈射的方式避開，主要是利用腹部捲曲，再瞬間伸展，往後彈射，腹肢快速擺動，步足縮在頭胸部下減少阻力，彈射距離約為身長的 3 到 4.4 倍。

三、蝦猴的築穴行為：

- (一)蝦猴運用全身的身體構造來進行築穴，挖穴動作分成四個招式：鐵頭功、螺旋鑽土機、黏壁功和神鬼搬運。而築穴可分四階段來完成：探索期→半穴期→第二探索期→成穴期，之後便會一生待在巢穴中，除非巢穴遭受破壞。
- (二)巢穴形狀呈 Y 字型，雄蝦猴巢穴 U 字型部分較曲長、多旁支，而雌蝦則較筆直、少旁支，雄雌挖穴率有明顯差異。
- (三)蝦猴洞穴分布越密集，出入水孔平均寬度越短，越稀疏則相反，而出入水孔的平均深度都是約 11 公分；另外，潮汐和巢穴結構帶來的水流，讓蝦猴能夠覓食，也造成出水孔噴沙的現象。

四、蝦猴的繁殖行為：

- (一)蝦猴能以水流為媒介，透過水流尋找異性的位置。
- (二)以夾層做室內實驗，在 88 組有效樣本裡，有 13 組樣本共用出入水孔，或另外挖掘聯絡道聯繫，造成巢穴相通的情形。
- (三)蝦卵外觀顏色變化為暗綠色→黃色→半透明發眼卵，孵化後的幼體會先漂浮在水面，之後沉降至沙層挖沙築穴。

由於蝦猴是底棲生物，牠在沙層裡的穴居生活，研究文獻比較少，也多是由洞穴模型來推測，我們成功設計裝置觀察沙層下的蝦猴，解開我們對蝦猴穴的疑問，並初步探討蝦猴的築穴和繁殖等行為，提供人工養殖或種源資料建立的參考，也希望大家，到鹿港小鎮品嚐蝦猴美味的同時，要正視沿岸潮間帶生物逐漸消失的問題。

捌、參考資料及其他

- 一、白志年、黃淋智、劉富光 (2006)。鹿港特產—美食螻蛄蝦的初期幼生。 *水試專訓*，10，38-40。
- 二、林鳳嬌 (1995)。臺灣美食螻蛄蝦(鹿港蝦猴)之生物學研究 (未出版碩士論文)。海洋大學漁業科學研究所，基隆市。
- 三、彭紹宏 (2009)。台灣彰化沿海潮間帶之螻蛄蝦 *Austinogebia edulis*(Ngoc-HoandChan,1992)的棲地、行為與生態之研究 (未出版博士論文)。海洋大學漁業科學研究所，基隆市。
- 四、國立海洋大學海洋生物研究所—台灣大型甲殼類資料庫。(民 105 年 10 月 2 日)，取自。
<http://crust.biodiv.tw/species.php?science=Austinogebia%20edulis&undefined=undefined&undefined=undefined>
- 五、臺灣生物多樣性資訊網—美食奧螻蛄蝦。(民 105 年 9 月 18 日)，取自。
<http://taibif.tw/zh/namecode/311921>
- 六、臺灣生命大百科—美食奧螻蛄蝦。(民 105 年 9 月 16 日)，取自 <http://eol.taibif.tw/pages/127437>

【評語】 080303

本件作品探討美食奧螻蛄蝦的穴居生活，主要探討巢穴結構及螻蛄蝦如何在單獨穴居情況下尋找異性的行為。觀察描述非常仔細，且成功隔離培養螻蛄蝦，並將各時期的巢穴描繪，以及功能敘述，是此作品的亮點，值得鼓勵。研究架構紮實，主題明確，實驗設計頗有深度，記錄完整，為一亮眼之佳作。

作品海報

摘要

本研究探討美食奧螻蛄蝦(蝦猴)如何在沙層下穴居，利用自製海水循環系統模擬環境，以透明夾層進行實驗和觀察，並嘗試人工飼養及繁殖，發現：

1. 相同採集點雄雌數量有明顯差異，**隔離飼養**可讓蝦猴順利脫殼生長。
2. 蝦猴**螯掌**被拉扯會觸發攻擊行為，**頭部**受刺激會向後彈射**3至4.4倍體長**的距離。
3. 蝦猴築穴分**探索期**、**半穴期**、**第二探索期**和**成穴期**，巢穴形狀呈**Y字型**，**雄雌挖穴率**有明顯差異，並利用**潮汐**及**洞穴結構**造成水流覓食。
4. 室內實驗證實蝦猴能以**水流為媒介尋找異性**，雄雌巢穴有**共用出入水孔**或**挖聯絡道相通**的情形；蝦卵孵化後幼體有**漂浮期**和**沉降期**，沉降後會挖穴進入沙層。

我們揭開蝦猴在沙層裡的神秘面紗，也希望大家正視潮間帶生物逐漸消失的問題。

研究動機

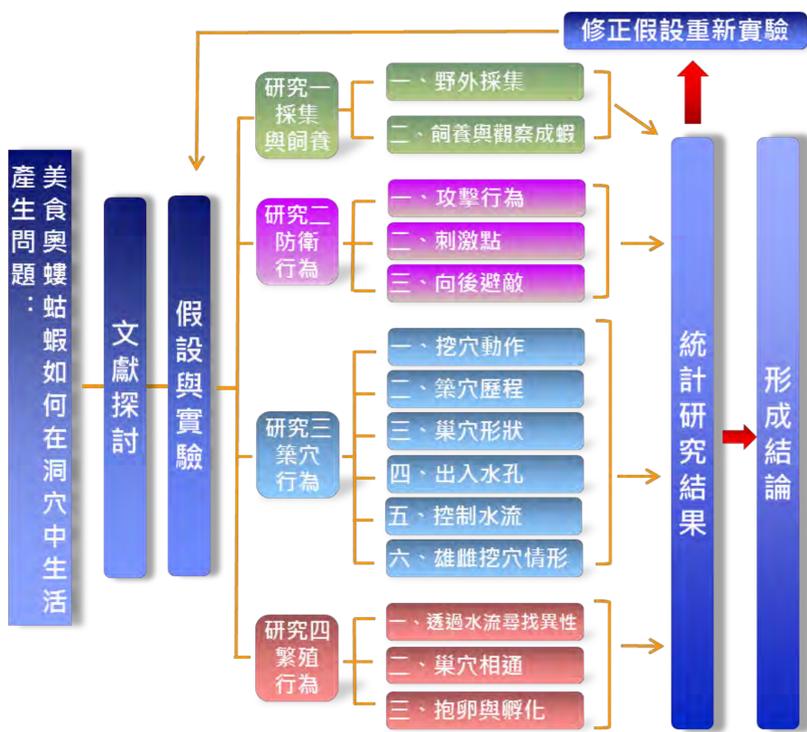
在芳苑與伸港沿海潮間帶的沙地上，當海水退潮後，會留下許多小小的孔洞，每個孔洞在沙地上的圖案都獨一無二，吸引我們停下腳步，仔細一看，有部分的洞穴正像噴泉一樣從洞中冒出沙子來，我們覺得很有趣，詢問當地的漁民，他們說這是「蝦猴洞」，蝦猴是美食奧螻蛄蝦的俗稱(本實驗以蝦猴簡稱)，牠是潮間帶的底棲生物，從幼體到成蝦，一生都會在洞穴裡生活，我們對這樣的生物有高度的興趣：「牠們在沙層下有哪些我們不知道的行為？如何挖出一條條洞穴又彼此不會干擾呢？一個巢穴一隻蝦猴，那牠們怎麼產生下一代呢？」查閱相關的研究和探訪專家之後，發現現有的資料並無法解答疑問，於是我們決定針對蝦猴在沙層下的穴居生活，做更進一步的探討。



研究目的

- 一、美食奧螻蛄蝦的**採集與飼養**。
- 二、探討美食奧螻蛄蝦的**防衛行為**。
- 三、探討美食奧螻蛄蝦的**築穴行為**。
- 四、探討美食奧螻蛄蝦的**繁殖行為**。

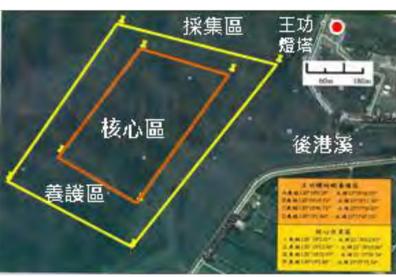
研究過程與發現



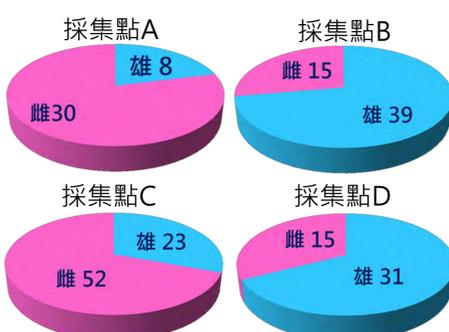
實驗流程與架構圖

【研究一】美食奧螻蛄蝦的採集與飼養

一、野外採集



王功螻蛄蝦保育區



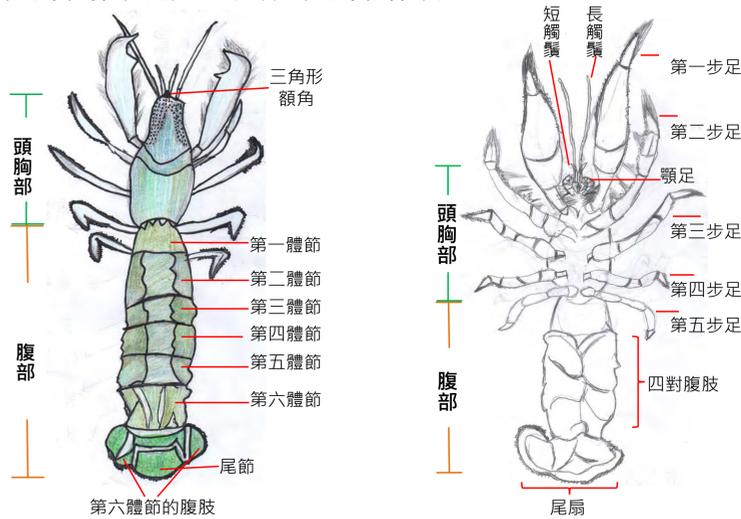
雄雌蝦猴數量圓形圖

發現：同一區域內雄雌蝦猴數量有明顯差異，顯示**雄雌蝦猴挖穴的條件需求並不一致**。

二、飼養、觀察成蝦的型態與結構

分類地位：

動物界 → 節肢動物門 → 軟甲綱 → 十足目 → 螻蛄蝦科 → 奧螻蛄蝦屬 → 美食奧螻蛄蝦



背面結構

腹面結構

發現：蝦猴的身體構造是為了在潮間帶立足而打造的，**螯掌**具有**挖沙**、**威嚇**和**濾食**的功用；**步足**除了**協助挖沙**和**步行**，也能**清理身體**；當遇到危險時，腹部會彎曲，向後彈射，再運用腹肢游離危險。



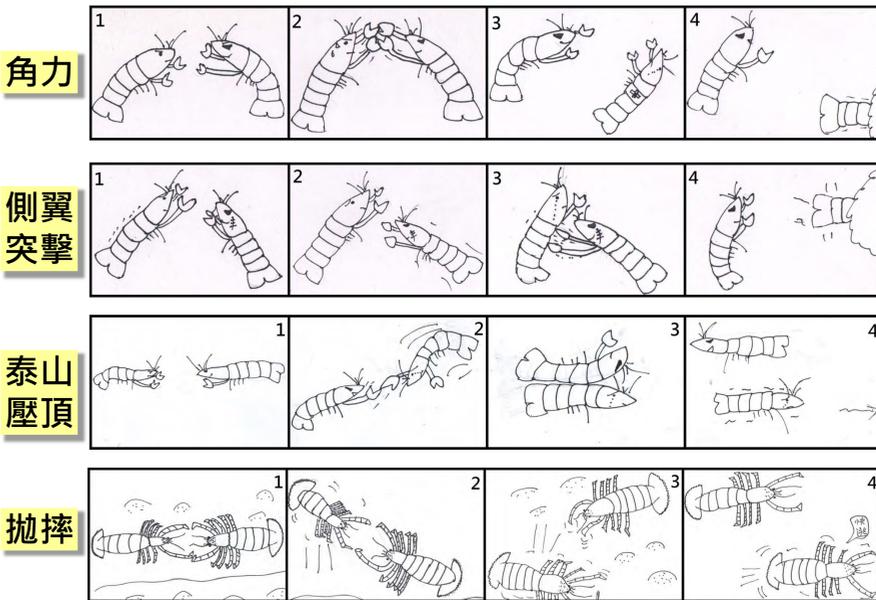
雄蝦：第一對步足較寬大
 雌蝦：第一對步足較細長
 雄蝦：第一體節沒有腹肢
 雌蝦：第一體節具有一對退化的腹肢

雄雌蝦猴辨識方式

【研究二】探討美食奧螻蛄蝦的防衛行為

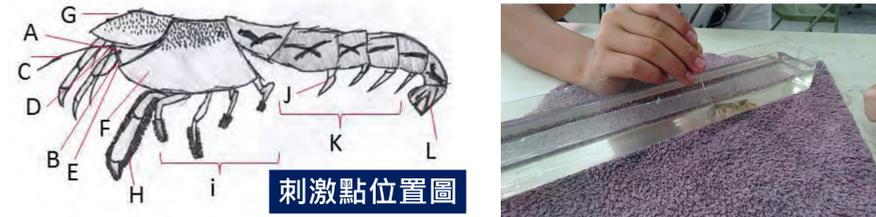
一、攻擊行為

蝦猴有趨地性，大部份的動作都是往下鑽，但**當螯掌遇到拉扯**的力道，會產生**攻擊行為**，可分成四組模式：



發現：蝦猴沒有打群架的社會行為，採單兵作戰，受傷後容易造成死亡，因此，**避免蝦猴互相攻擊**，是**飼養蝦猴的關鍵技術**。

二、刺激點



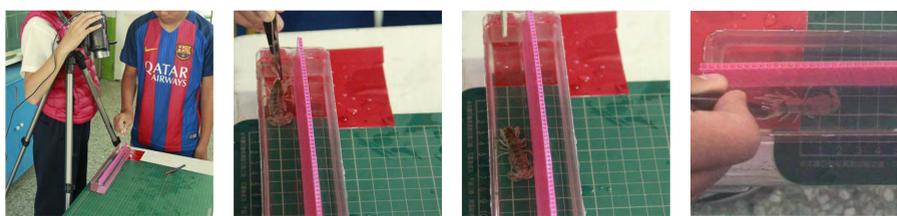
部位	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K體節			L	
	眼睛	嘴	長觸角	短觸角	顎足	鰓	頭頂	螯掌	2-5對步足	泳足	一、二	三、四	五	尾扇	
反應動作	向後彈跳一下	尾部捲曲後，針撥開	用步足將迴紋	沒反應	沒反應	以顎足做阻擋的動作	向後彈跳	尾部捲曲後，快速向後游開	快速向後彈，再以螯掌反擊	用受刺激的步足撥開迴紋針	沒反應	快速往前游	中速往前游	慢速前進	尾部捲起或快速轉彎
激烈程度	★★	★			★	★★	★★	★	★	★	★	★	☆	★	

發現：蝦猴的**第四-六體節**呈現捲曲狀，瞬間伸展，往後彈射，腹肢加速擺動，步足縮在頭胸部，減少游泳時的阻力，如果脫離危險，要減速時，則將步足伸展開。

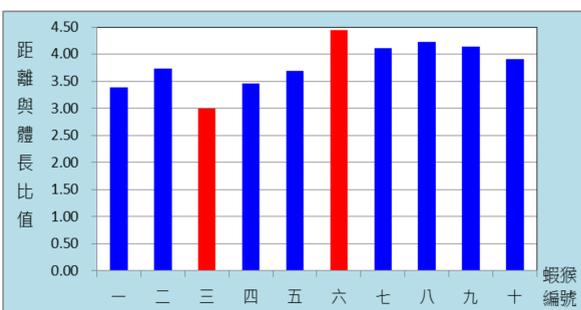


蝦猴向後彈射連續動作

三、避敵行為



避敵行為實驗(實驗位置與裝置)

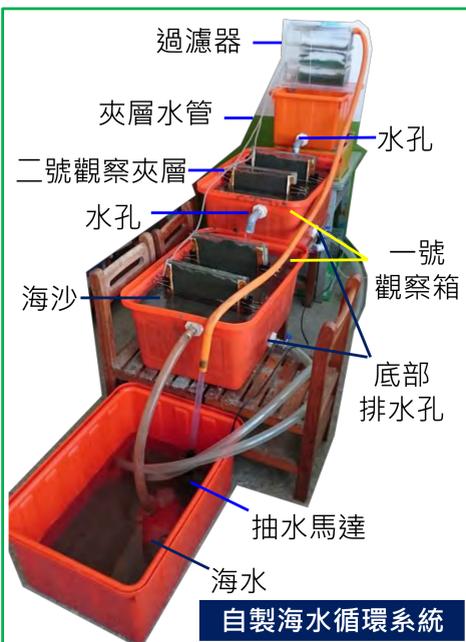


平均後退距離與體長比值長條圖

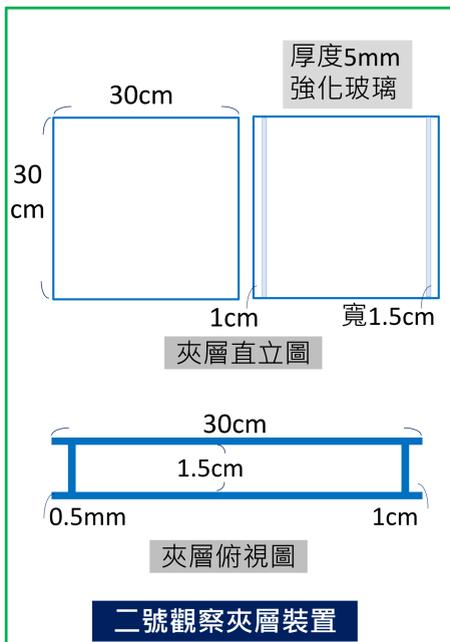
結果：蝦猴感到危險，可以瞬間往後彈射自己體長3到4.4倍的距離。

發現：當蝦猴遇敵，牠的向後彈射需搭配洞穴的結構，才有保命的機會。

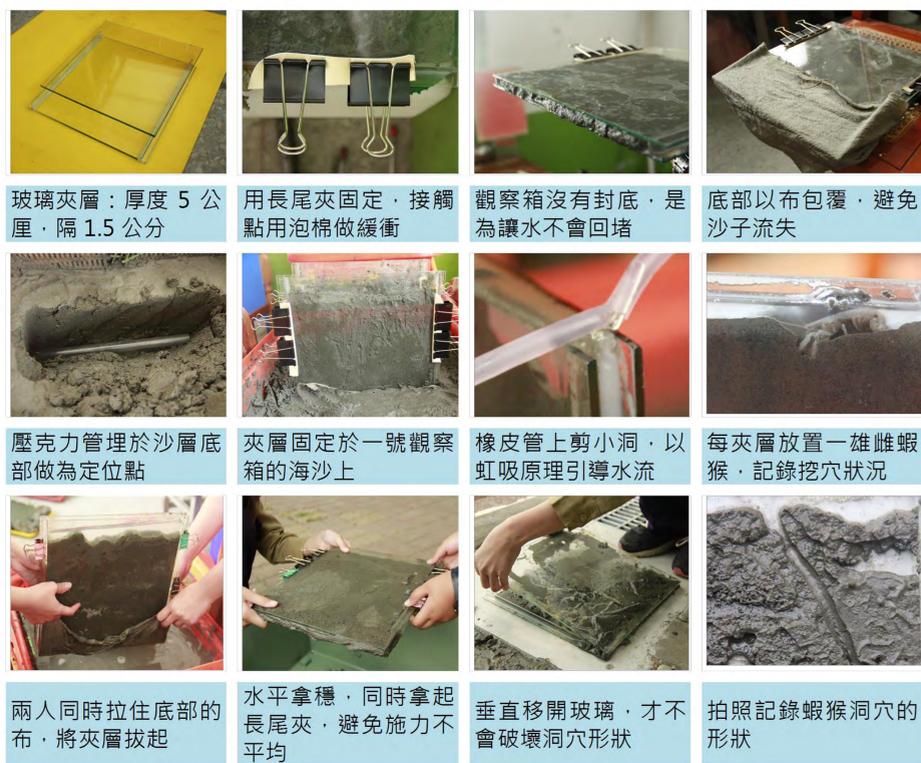
【研究三】蝦猴的築穴行為



自製海水循環系統



二號觀察夾層裝置



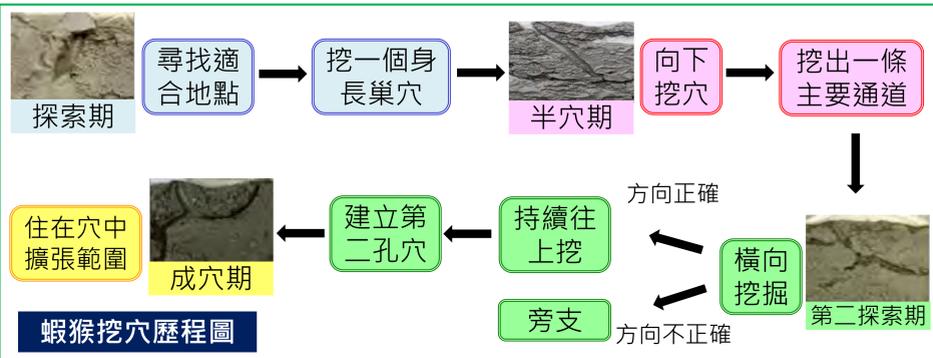
二號觀察夾層使用步驟

一、挖穴行為

挖穴動作彙整一覽表

動作	動作照片	動作說明	用途
鐵頭功		以正面的姿勢將頭栽進泥沙中，用整掌和第二對步足將沙挖出一個小洞	一開始最主要使用的方法，可以鬆土，也可以搬運
螺旋鑽土機		整掌和第二對步足先挖穴，其他步足旋轉身體，以不同的角度將土挖開	當泥沙較硬時無法使用鐵頭功，便用此招土挖開
黏壁功		用整掌、第二對步足和顎足將泥沙鋪平，再用其他步足讓泥沙壁緊實	用泥填補沙和沙之間的空隙
神鬼搬運		將沙土用前三對步足配合剛毛夾住，再利用腹部的力量轉身游到洞外放下	在通道裡面最常使用的快速挖土方式

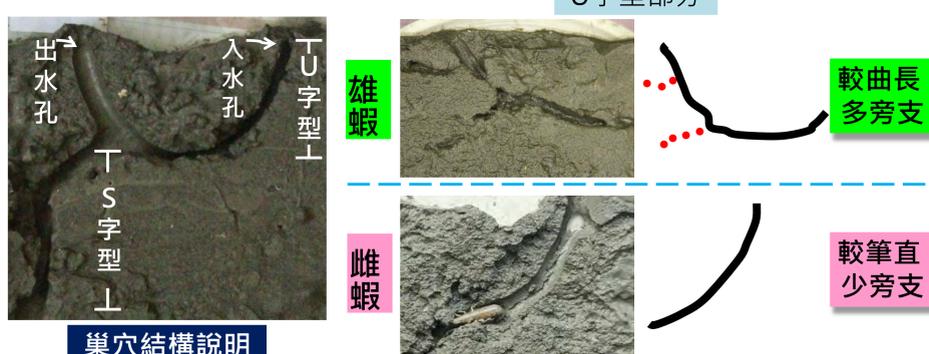
二、築穴歷程



蝦猴挖穴歷程圖

發現：泥沙比例會是築穴是否能夠成功的關鍵，泥太多，容易阻塞住洞口，水流無法順利流動，帶來氧氣；沙太多，容易塌陷，無法建構蝦猴壁。這也說明為何同一片泥灘地，蝦猴洞的分布卻不平均。

三、巢穴形狀



巢穴結構說明

結果：雄蝦猴在U字型的部分路徑較曲長，且幾乎都有旁支，而雌蝦猴則較筆直，少旁支。

發現：U字型的部分主要是讓水能夠在洞穴裡流通，帶來氧氣和食物，S字型部分向下延伸，蝦猴利用這部分克服溫度劇烈變化的環境，也能躲避敵人。

四、出入水孔

蝦猴洞穴有兩出口，一為入水孔，一為出水孔。在出水孔外常見小土丘的外觀。洞穴內壁顆粒細緻並經由蝦猴之推擠形成光滑堅硬的表面，成為近圓形之管道。

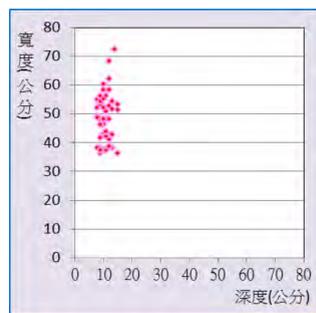


蝦猴洞穴的出水孔 蝦猴洞穴的入水孔 光滑的蝦猴壁 洞穴的圓形孔道

寬度與深度一覽表

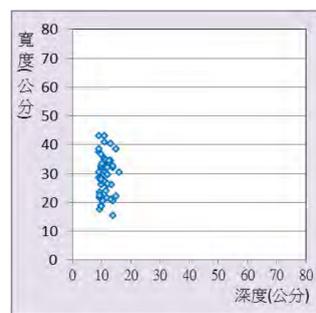
出入水孔密度	平均寬度(cm)	平均深度(cm)
疏	48.2	10.7
密	29.2	11.3

結果：蝦猴洞穴越密集，出、入水孔的平均寬度越窄，越稀疏時則相反；而出、入水孔的平均深度並沒明顯的差異。



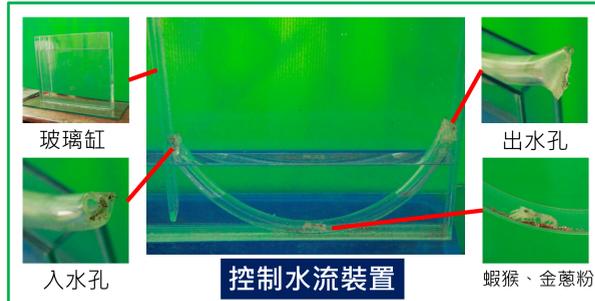
分布稀疏，出入水孔的寬度與深度散布圖

出、入水孔的寬度，不會影響水孔的深度分布，平均深度約為11公分。



分布密集，出入水孔的寬度與深度散布圖

五、水流控制



控制水流裝置

結果：蝦猴洞穴內的水流變化，主要是因為海水水位的升降，造成壓力形成的，與蝦猴的腹肢擺動並無關聯。

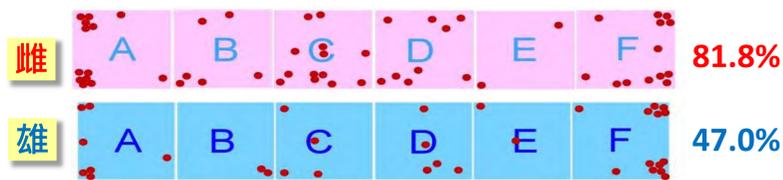
蝦猴、金蔥粉和出入水孔變化情形

變化說明	蝦猴	金蔥粉	出入水孔
照片			
說明	當水管充滿水時，蝦猴會以步足順著U形管移動或翻身，腹肢有時也會隨著擺動。	當水注入水管時，管內金蔥粉會因為水位上升造成的壓力，產生攪動並順著水流往出水孔排出。	當水淹沒U形管時，會順著入水孔進入管內，同時，出水孔會有空氣排出，形成小湧泉。

發現：蝦猴腹肢擺動時，可以造成水流，但力道沒有大到能將金蔥粉湧出洞口，而沙粒的重量比金蔥粉重，因此潮間帶看到的出水孔噴沙現象，應是潮汐水位變化所造成。

六、雄雌挖穴情形

挖穴率

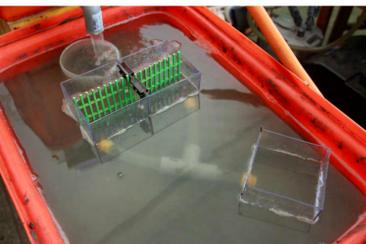
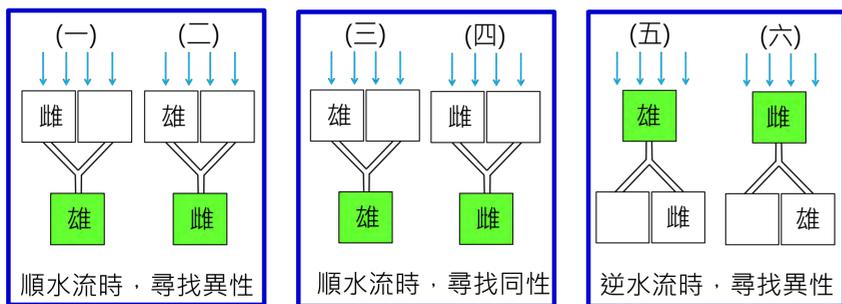


結果：雌蝦猴的挖穴率明顯高於雄蝦猴，皆喜歡將洞穴挖在箱子或隔板的邊緣。

發現：不管是野外採集或室內實驗，同一地點雄雌數量皆有顯著差異。

【研究四】美食奧螻蛄蝦的繁殖行為

一、透過水流尋找異性



自製水流實驗箱裝置

發現：

1. 順水流時，以雄雌蝦猴為實驗對象，有超過九成的機率成功尋找異性，而同性別成功率為零，顯示異性間才有互相吸引的現象。

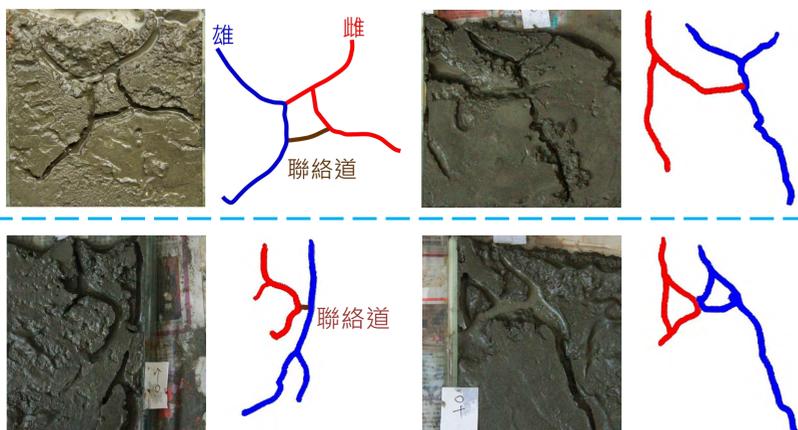
2. 尋找異性時，逆水流的成功率遠低於順水流，顯示水流為傳遞的主要媒介，蝦猴能透過氣味尋找異性。

透過水流尋找異性實驗成功率

狀況	順水流時，尋找異性		順水流時，尋找同性		逆水流時，尋找異性	
組別	一	二	三	四	五	六
成功率%	94	95	0	0	25	24

二、巢穴相通

利用二號觀察夾層，總樣本數96組，有效樣本88組，當中有發現巢穴相通的樣本共有13組，節錄四組如下：



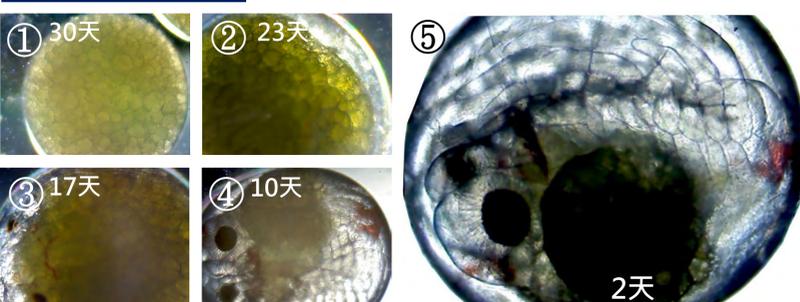
發現：

- 巢穴相通時會出現共用出入水孔，或以聯絡道聯繫的現象。
- 推測在野外時，巢穴不會相通的原因是蝦猴築穴時管壁有氣味，其他蝦猴聞到會避開；繁殖期時，則透過水流傳遞吸引異性的氣味，才会有雄雌巢穴相通的現象。

三、抱卵與孵化



蝦卵顏色的變化

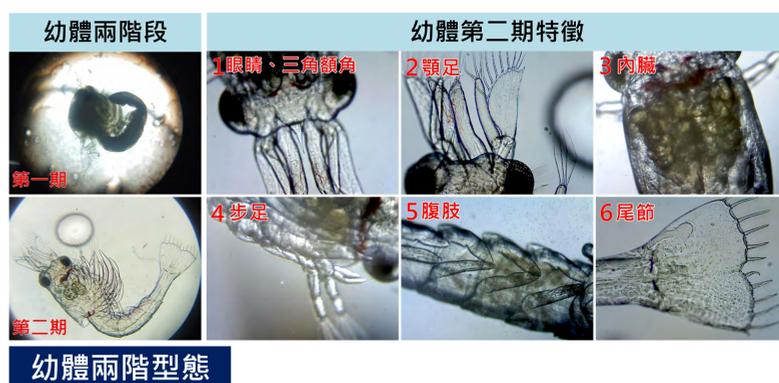


以顯微鏡記錄30天的蝦卵變化過程

- 充滿黃色卵黃，呈不透明狀；
- 卵黃漸減；
- 出現眼睛和紅色色素沉澱物；
- 半透明狀，身體逐漸成形，卵黃明顯減少；
- 眼睛、內臟發育完成，體節清楚可見，接近孵化。

發現：

- 當第二期幼體步足發育完整後，便會往底部沉降，發現幼體本能性的鑽入沙中，就沒再出來。
- 幼體具趨光性且漂浮在水面，我們推測雌蝦猴洞穴U字型部分筆直、少旁支的特性，主要是讓幼體能順著水流由出水孔游出洞穴。



研究討論

一、蝦猴在泥灘地生態系的意義：

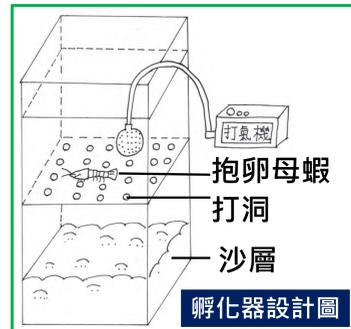
- 蝦猴穴是蝦猴能生存於潮間帶最重要的原因，牠賴之以躲避敵人和克服溫度變化劇烈的環境，更利用洞穴帶動水流覓食，在食物鏈中屬於清除者，是生態系不可缺少的角色。
- 採集時，在不同的深度挖掘到多樣生物，從右圖可發現蝦猴是分布在泥灘地較為底層的生物，當人們為了捉蝦猴而破壞牠們的巢穴，同時也讓許多較上層生物的棲地遭受破壞，受這些生物吸引而來的水鳥，相對的在種類或數量也會減少。因此，捕捉蝦猴對生態相當豐富的潮間帶來說，衝擊是相當大的。

二、人工飼養成蝦：

- 為避免蝦猴在同一空間會互相攻擊，選擇養在較大的水體，用透明飼育盒當蝦猴的「套房」，蝦猴有自己的空間後，開始出現脫殼的現象，正常的生長，蝦猴主要食用清缸時的綠藻，也會吃自己脫下的殼，歸納影響存活率的重要因子有：
- 水溫控制在20~25度；
 - 避免觸發攻擊行為；
 - 定期清缸產生藻類及更換海水；
 - 提供足夠的食物來源。

三、卵孵化成幼體的探討：

- 針對幼體二期沉降之後的高死亡率，我們設計一組孵化器來做改善，孵化器分成兩層，上層為抱卵母蝦孵化室，下層為沙池，上層打氣，至幼體沉降之後，第二層讓幼體鑽入沙池，便可以得到幼蝦苗，實驗裝置設計如右圖。



研究結論

一、野外採集與人工飼養：

- 同一區域內雄雌蝦猴數量有明顯差異，顯示雄雌蝦猴築穴的環境條件需求並不一致。
- 隔離飼養可讓蝦猴順利脫殼生長，雄蝦脫殼的周期約25-30天，雌蝦則為40-45天。

二、蝦猴的防衛行為：

- 蝦猴螯掌被拉扯時會觸發攻擊行為，以步足、身體作為攻擊的武器，我們歸類為四招：角力、側翼突擊、泰山壓頂和拋摔；蝦猴頭部受刺激時，反應會最大；當牠遇到危險時，會以向後彈射的方式避開，主要是利用腹部捲曲，再瞬間伸展，往後彈射，腹肢快速擺動，步足縮在頭胸部下減少阻力，彈射距離約為身長的3到4.4倍。

三、蝦猴的築穴行為：

- 蝦猴運用全身的身體構造來進行築穴，挖穴動作分成四個招式：鐵頭功、螺旋鑽土機、黏壁功和神鬼搬運。而築穴可分四階段來完成：探索期→半穴期→第二探索期→成穴期，之後便會一生待巢穴中，除非巢穴遭受破壞。
- 巢穴形狀呈Y字型，雄蝦猴巢穴U字型部分較曲長、多旁支，而雌蝦則較筆直、少旁支，雄雌挖穴率有明顯差異。
- 蝦猴洞穴分布越密集，出入水孔平均寬度越短，越稀疏則相反，而出入水孔的平均深度都是約11公分；另外，潮汐和巢穴結構帶來的水流，讓蝦猴能夠覓食，也造成出水孔噴沙的現象。

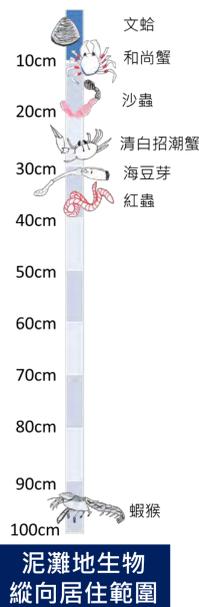
四、蝦猴的繁殖行為：

- 蝦猴能以水流為媒介，透過水流尋找異性的位置。
- 以夾層做室內實驗，88組有效樣本裡，有13組樣本共用出入水孔，或另外挖掘聯絡道聯繫，造成巢穴相通的情形。
- 蝦卵外觀顏色變化為暗綠色→黃色→半透明發眼卵，孵化後的幼體會先漂浮在水面，之後沉降至沙層挖沙築穴。

由於蝦猴是底棲生物，牠在沙層裡的穴居生活，研究文獻比較少，也大多是由洞穴模型來推測，我們成功設計裝置觀察沙層下的蝦猴，解開我們對蝦猴穴的疑問，並初步探討蝦猴的築穴和繁殖等行為，提供人工養殖或種源資料建立的參考，也希望大家，到鹿港小鎮品嚐蝦猴美味的同時，要正視沿岸潮間帶生物逐漸消失的問題。

參考文獻

- 白志年、黃淋智、劉富光 (2006)。鹿港特產—美食螻蛄蝦的初期幼生。水試專訓，10，38-40。
- 林鳳嬌 (1995)。臺灣美食螻蛄蝦(鹿港蝦猴)之生物學研究 (未出版碩士論文)。海洋大學漁業科學研究所，基隆市。
- 彭紹宏 (2009)。台灣彰化沿海潮間帶之螻蛄蝦Austinogebiaedulis (Ngoc-HoandChan,1992)的棲地、行為與生態之研究 (未出版博士論文)。海洋大學漁業科學研究所，基隆市。



泥灘地生物縱向居住範圍