

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生物科

佳作

080307

「掘」處逢生—東北角潮間帶近緣皺蟹  
*Leptodius affinis* 之生態與挖沙行為探討

學校名稱：基隆市中正區八斗國民小學

作者：  小六 王璽瑄 小六 林郁翔 小六 曹宇承 小六 李蘊宸	指導老師：  陳昇祿 林育任
---	-------------------------

關鍵詞：近緣皺蟹、挖沙行為、東北角潮間帶

## 摘要

近緣皺蟹 *Leptodius affinis* 是一種小型的潮間帶螃蟹，主要棲息在有沙且上面有石塊的區域，以蛻殼成長，夏季蛻殼較頻繁，繁殖季在4-9月，具有固定的挖沙模式，會先在沙上爬行，碰到石頭，便背靠石頭，利用步足來回挖掘，並利用螯推開沙子，使自己沿著石頭下緣進到沙內。但牠們並非隨時都能進行挖沙，當沙子沒有淹水時，頂多僅能半個身體進去，也就說退潮時在沙內的近緣皺蟹應該都是有淹水時就已經進去，等潮水再漲上來時，才可能爬出來活動。那為什麼要挖沙且又讓自己被石頭壓著呢？我們發現有幾個重要原因：1.受海浪影響小；2.環境溫度穩定；3.可躲避天敵及彼此間相殘；4.可遮光；5.退潮時，沙內不但保有較多水分，且正好可以緩衝石頭的重量。

## 壹、前言

### 一、研究動機：

潮間帶是很多生物棲息的區域，同時也是每天發生漲退潮的地帶，因此水分、鹽分、光線、溫度、食物、敵害…等等的變化，都是潮間帶的動物必需面對的挑戰，最明顯的是要對抗海浪的來回沖擊與退潮之後的乾燥及酷熱。近緣皺蟹 *Leptodius affinis* 便是一種棲息在偏中潮帶沙石底下的小型螃蟹，退潮時，在潮間帶某些區域，翻動石頭時，會發現牠們就在石頭下的沙內，有些還會在沙內挖出小洞，但又不是每個區域都有，有些只有沙的區域找不到，有些只有石頭區域也沒有，甚至在有沙有石頭的區域也不一定找得到，牠們到底生活在怎樣的環境呢？又為什麼要挖沙？挖多深？在甚麼情況下挖？怎麼挖？為了徹底解開這些謎團，因此我們展開一連串對近緣皺蟹的挖沙行為的研究。

### 二、研究目的：

- (一)想認識近緣皺蟹的基礎生物特性與生態環境；
- (二) 想了解近緣皺蟹的挖沙方式；
- (三) 想知道近緣皺蟹在不同環境下的挖沙行為；
- (四)想知道近緣皺蟹挖沙的可能原因。

### 三、文獻回顧：

國內關於螃蟹的書籍中，雖然有些提到關於皺蟹屬螃蟹的基本外觀、分布區域與棲息環境，但卻非常少提到近緣皺蟹(*Leptodius affinis*)這個物種，相近種類如肉球皺蟹(*Leptodius sanguineus*)、細巧皺蟹(*Leptodius gracilis*)也僅有做部分介紹(陳育賢。2001；鄭海清等。2002；李榮祥。2008；施志昫等。2010；施習德。2012；廖運志等。2015)，但對於皺蟹挖沙的部分，一樣很少提及，我們查詢國內碩博士論文，也沒有針對近緣皺蟹挖沙行為進行研究與探討。

至於國外文獻部分，有提到皺蟹屬的物種外觀變化大，且相似度高，分類上並不容易(MendozaJC. 2013.)，像是近緣皺蟹(*Leptodius affinis*)與火紅皺蟹(*Leptodius exaratus*)常常會有分類上的混淆，早期文獻提到近緣皺蟹分布區域在印度洋西海岸及太平洋東海岸(台灣東北角也在此範圍內)，而火紅皺蟹則僅侷限在印度洋西海岸，由此看來，台灣海域所命名“火紅

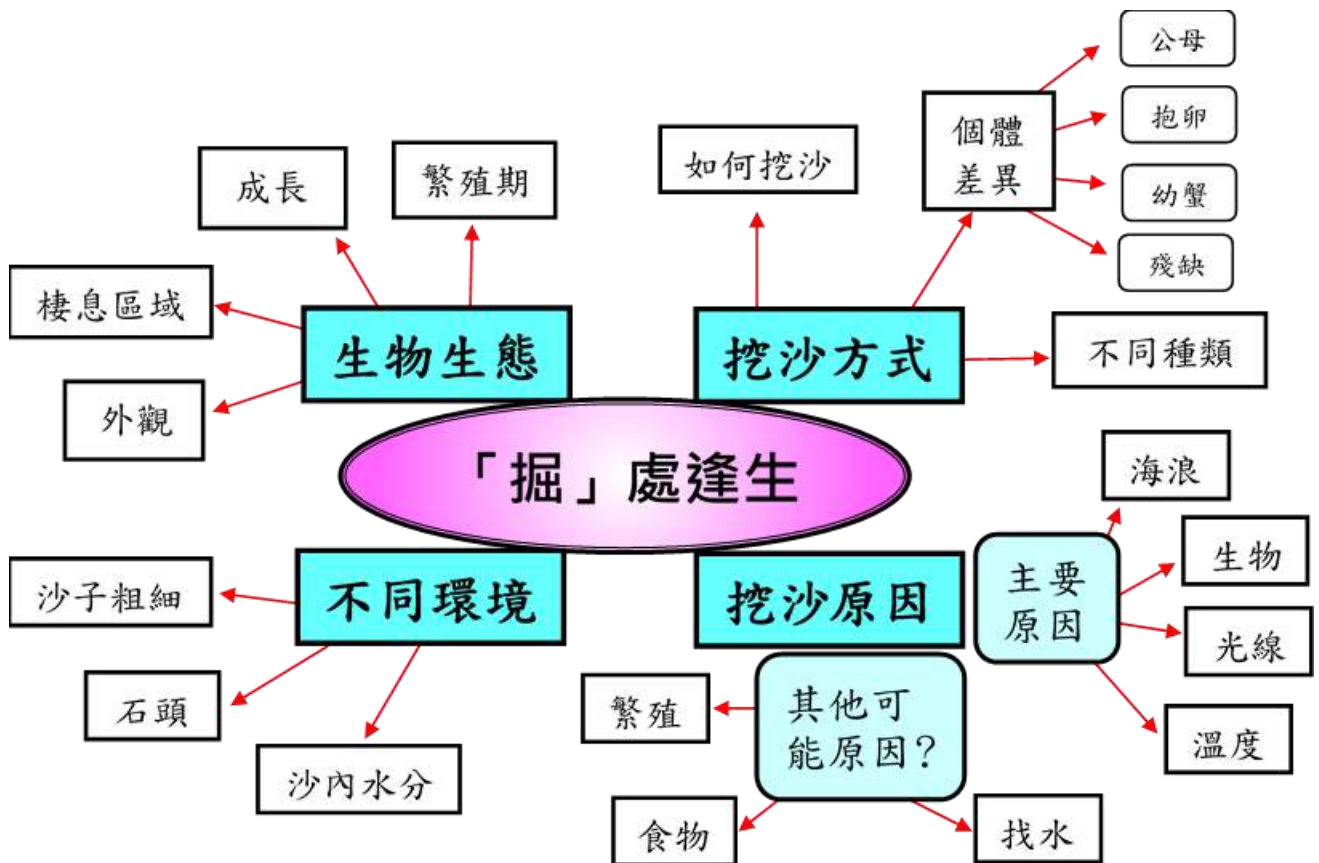
皺蟹”的物種，可能應該都是近緣皺蟹，也就是我們研究的主題生物。  
近緣皺蟹分類階層：

Kingdom Animalia 動物界  
Phylum Arthropoda 節肢動物門  
Class Malacostraca 軟甲綱  
Order Decapoda 十足目  
Family Xanthidae 扇蟹科  
Genus *Leptodius* 皺蟹屬  
*Leptodius affinis* 近緣皺蟹

另外，針對挖沙行為，雖然沒有找到關於皺蟹屬挖沙行為的研究，不過從幾篇其他科別螃蟹的挖沙行為可以發現，各類螃蟹挖沙行為都極為相似，如沙蟹類中分屬不同科的三個物種(Faulkes Z. 1997)、蛙蟹科的真蛙蟹(*Ranina ranina*)(Faulkes Z. 2006)、甚至鼠蟬蟹科(*Emerita*)的種類(Trueman, E. R. 1970)都會利用第1-3對步足來挖掘，第4對步足則沒有挖掘動作，這與我們實驗物種近緣皺蟹的挖沙行為幾乎是相同的，唯一較大的差異是：近緣皺蟹會利用”螯的推沙”來幫助自己進入沙內，這在其他文獻則沒有提到過。

## 貳、研究設備及器材

- 一、實驗室飼養(30公分水族箱數組、檯燈、海水儲存大水箱等)
- 二、攝影記錄組(一般攝影機、縮時攝影機、相機)
- 三、篩網(直徑1、2、5mm)
- 四、野外穿越線調查(方框、透明碟子、皮尺)
- 五、幼蟹蛻殼實驗(飼養箱\*20)
- 六、挖沙行為實驗(方形盒、海邊細沙、粗吸管、滴管)
- 七、3D 列印孔洞板
- 八、加熱裝置(飼養箱暖爐、實驗用加熱燈、加熱墊)
- 九、海浪沖擊實驗組(120公分長大魚缸、水桶、天然岩石)
- 十、光線實驗組(可遮光與不可遮光的盒子、透明3D 線材、完全遮光的大紙箱)



※ 研究實驗概念圖

參、研究過程、方法、研究結果及討論

一、近緣皺蟹的生物生態：實驗1-1 外觀特徵及挖沙構造

★動機：經常躲在沙內的近緣皺蟹，外觀構造上是否與其他螃蟹不同？

△實驗假設：近緣皺蟹有著特殊的外觀構造幫助挖沙。

☆方法：1. 利用參考圖鑑、網路照片及實地觀察。



◎潮間帶尋找近緣皺蟹



◎ 近距離觀察近緣皺蟹與記錄

◇結果：

- 1.近緣皺蟹的體殼是扇形，略呈五邊形，步足前、後緣均有細毛，四對步足指節都是尖刺狀（這應有利於挖沙，但不利於游泳）。雙螯不等大，螯指為黑色。
- 2.公母外觀差異主要在腹面”腹甲”的型態，公蟹的「腹甲」呈尖長形、母蟹則呈半圓形。



公蟹--腹面



公蟹--背面



母蟹--腹面



母蟹--背面

◎公蟹腹面

◎公蟹背面

◎母蟹腹面

◎母蟹背面

3. 背部顏色、斑紋變化頗大，顏色方面可呈褐色、灰褐色、粉褐色或黑褐色等多種，並帶有黑灰、墨綠、黃綠、深褐色碎斑，不過大部分個體在體殼靠近腹部處會有一明顯黑色斑紋。



◎最常見個體

◎粉褐色/黑色斑點

◎淡粉褐色

◎褐色/斑點不明顯

◎黑褐色

4. 同樣區域可以見到的不同皺蟹有肉球皺蟹(*Leptodius sanguineus*)、細巧皺蟹(*Leptodius gracilis*)，但數量明顯較近緣皺蟹少。



◎肉球皺蟹個體大且背部隆起明顯

◎細巧皺蟹(*Leptodius gracilis*)有一縱向白條紋

#### ◆討論：

1. 近緣皺蟹經常挖沙躲藏，因此步足顯得短而尖，雙螯則是寬而鈍，體色雖然有些變異，但基本上與潮間帶有沙、石頭及藻類的環境顏色極為相似，小體型更讓牠們很快地躲進石頭下的沙內。
2. 近緣皺蟹跟挖沙比較有關的構造有：尖而短的一步足(能輕易嵌入沙子間空隙)、寬且有匙狀指節的雙螯(能推開較多沙子)、小而成五邊形的體殼(可從正下、右下、左下方向進行挖沙)。

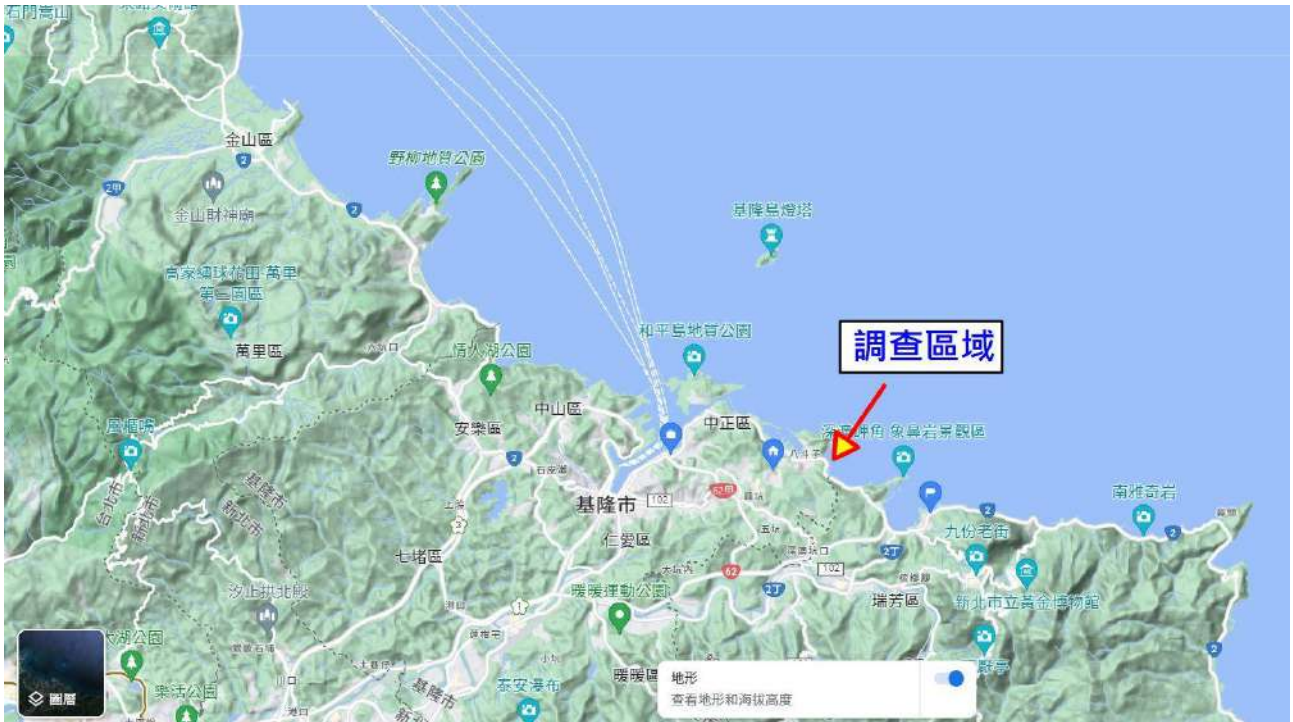
### 一、近緣皺蟹的生物生態：實驗1-2 棲息區域與離海遠近

★動機：潮間帶區域環境變化很大，近緣皺蟹會有固定棲息區域嗎？季節改變時，是否會更換棲息的區域呢？

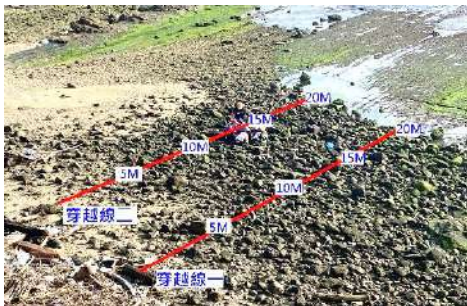
△實驗假設：近緣皺蟹會隨著季節而改變棲息區域。

☆方法：1.調查區域的潮間帶，有沙的區域以高潮帶最多，離海較近的是整片的海蝕平台，而有碎石塊有沙的區域(近緣皺蟹最常棲息的區域)則剛好介在沙堆與平台之間，我們在這

區域做出兩條穿越線進行調查，利用高潮帶固定的大石頭為基準(不易被海浪擲動)，往海的方向拉出兩條穿越線到”沙石”與海蝕平台交接處(過了此處便沒有沙子跟大小石塊)，每5M處架設50cm\*50cm 範圍的方框進行調查，除了記錄環境狀況外，並翻石頭清點範圍內的近緣皺蟹數量及其基本資料(性別、抱卵與否、殼的長寬)，每月進行1-2次。



◎調查區域的位置(長潭里平浪橋下方潮間帶)



◎在平台與沙堆間做兩條穿越線調查 ◎在固定範圍翻石頭調查 ◎測量近緣皺蟹殼長殼寬



◎5m 區域環境

◎10m 區域環境

◎15m 區域環境

◎20m 區域環境

◇結果：

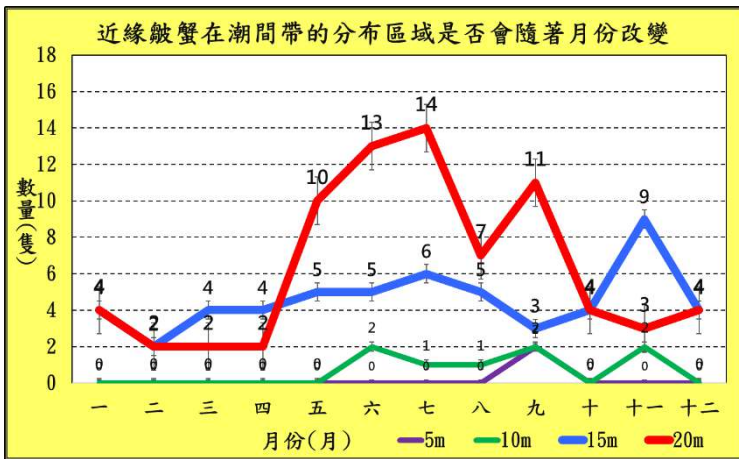


圖1-2-1：近緣皺蟹在潮間帶的分布區域是否會隨著月份改變

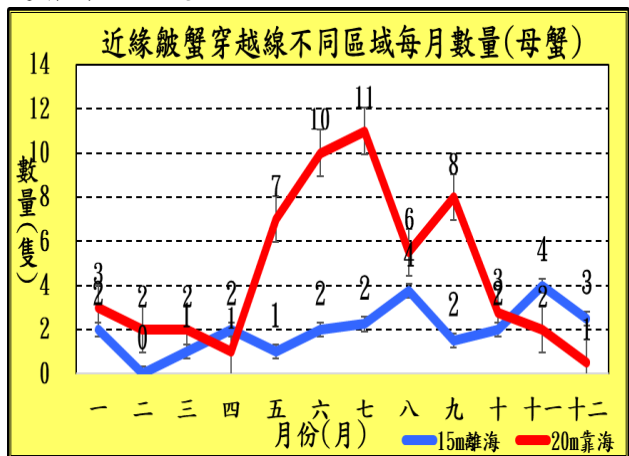
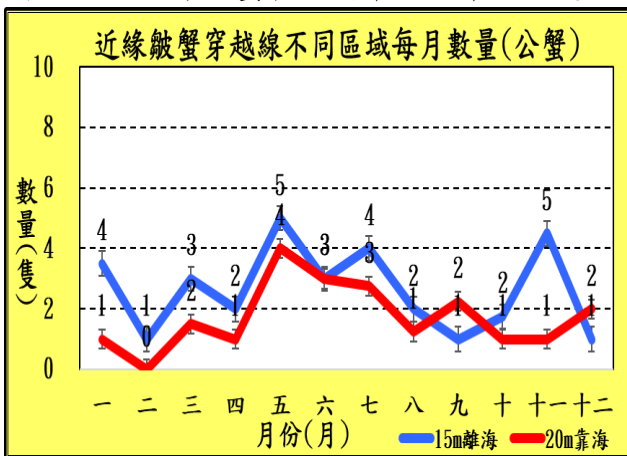


圖1-2-2：近緣皺蟹15m、20m 每月數量(公蟹) 圖1-2-3：近緣皺蟹15m、20m 每月數量(母蟹)

◆ 討論：

1. 近緣皺蟹分布區域是否會隨著月份改變呢？在我們將近一年半的調查中，發現近緣皺蟹確實在碎石堆與沙子混雜的環境棲息，從結果圖可知(圖1-2-1)，同樣有沙有石塊，但多數近緣皺蟹會在較靠海的區域棲息(穿越線15-20公尺)，顯示牠們即使可以鑽進沙內，沙子還是要保持潮溼，太乾的沙或必須等太久才有水漲上來的區域(高潮帶/穿越線0-10公尺區域)，近緣皺蟹的數量都非常少。
2. 從每月的數量變化來看(圖1-2-1)，近緣皺蟹在夏季時，在20公尺處(較靠海)的數量會明顯較多，這會不會與牠們繁殖季在夏季有關呢？會不會是母蟹為了卵的孵化，往靠海的20公尺處移動呢？我們將兩區域(離海較遠的15公尺與離海較近的20公尺)公蟹、母蟹每月穿越線數量做成折線圖(圖1-2-2、1-2-3)，圖中可發現公蟹每月在靠海、離海區域的數量變化不大，但母蟹在夏季時，在靠海20公尺區域的數量出現高峰，而這時間正好與繁殖季節(四-九月)完全吻合，也就是這段時間，抱卵的母蟹會離開沙較多的15公尺區域，往海的方向(20公尺)移動(沙很少)，冒著可能被海浪沖走的危險(因沒辦法躲藏在沙內)往海的方向移動，應該就是為了可以讓準備孵化的浮游期後代，可以到更好的位置生活，雖然與澳洲紅蟹長距離從叢林遷徙到海岸不能相比，但為了後代繁衍，近緣皺蟹冒著生命危險離開有沙的環境，進到海浪可能直接拍打的區域，精神一樣讓人欽佩。
3. 秋季接近冬季時，15公尺處的數量反而比20公尺還多(圖1-2-1)，我們查閱一整年的潮汐，秋天的大漲潮、大退潮情況比較不明顯，大退潮也慢慢轉移到夜晚出現，也就是15公尺處並不太會處於乾燥狀態太長時間(因為退潮都不大或在夜晚大退潮)，是不是因為這樣，

牠們在15公尺處的數量提高了呢？加上15公尺的沙子比20公尺多很多，繁殖期結束了，便到沙子更多的15公尺區域；不過到了冬季，每個區域的數量都有明顯下降，二月份甚至整個潮間帶都很少，此時氣溫低，會不會是幾次的寒流，讓牠們往海裡移動了呢？實驗室內飼養的個體，寒流來時(氣溫低於10度)，如果沒有使用加熱燈，許多個體便會死亡，為了確認這件事，我們在二月時，整個”穿越線線實驗”只發現3隻，為進行公母與抱卵數量的實驗，我們特別到更靠海的低潮帶尋找，發現不少近緣皺蟹棲息在這裡(記錄50隻)(夏季時這個區域幾乎沒有近緣皺蟹)，自然環境下，海水相對較為溫暖，是否是因此而使牠們離開習慣的棲息區域(有沙有石頭/穿越線10-20公尺區域)，往海的方向移動呢？

4. 從我們一整年的調查可知，雖然近緣皺蟹在二月寒流來時(溫度太低)，及母蟹在繁殖季(四-九月)時(為了繁衍後代)，牠們可能離開有沙有石頭的區域，往海的方向移動，但在冬季寒流及繁殖季以外的大部分時間，其實都是棲息在有沙有石頭且離海不會太遠的區域。

### 一、近緣皺蟹的生物生態：實驗1-3 成長

★動機：一般螃蟹以蛻殼方式成長，近緣皺蟹是否也是如此呢？間隔多久會蛻殼呢？是否會有相同的間隔呢？

△實驗假設：近緣皺蟹會利用蛻殼成長。

☆方法：1.將20隻近緣皺蟹幼蟹個別飼養，記錄牠們的蛻殼間隔及蛻殼後的成長狀況，並每隔一段時間更換石頭，長期記錄牠們蛻殼的頻率。

2. 每天檢查是否有蛻殼，如果有蛻殼的幼蟹，便測量蛻殼後的殼寬與殼長，觀察是否有增加。



◎個別飼養的幼蟹



◎測量殼寬



◎測量殼長



◎量測蛻殼後長寬

◇結果：

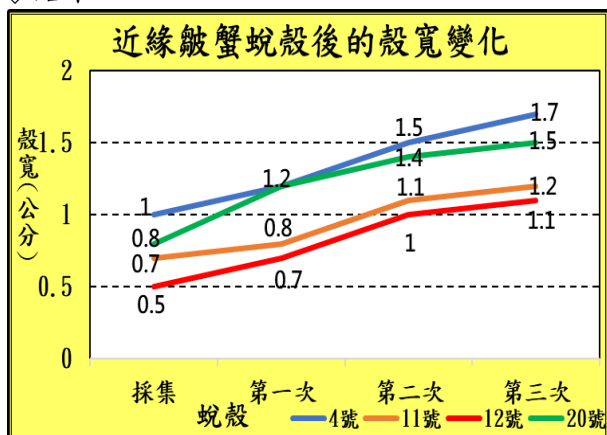


圖1-3-1：近緣皺蟹蛻殼後的殼寬變化

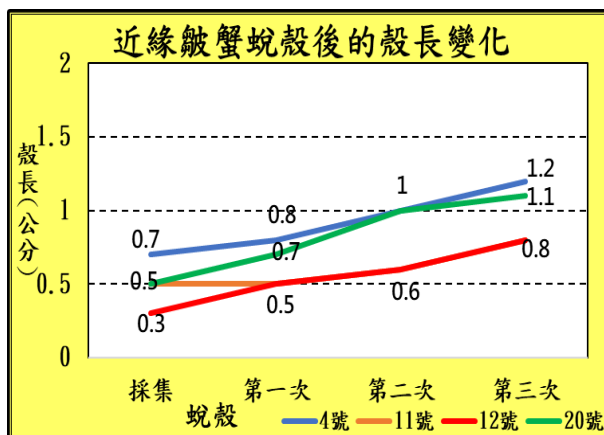


圖1-3-2：近緣皺蟹蛻殼後的殼長變化



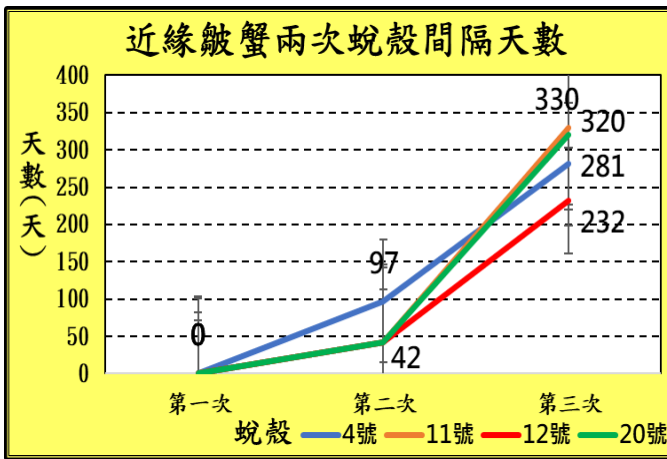


圖1-3-3：近緣皺蟹兩次蛻殼間隔天數

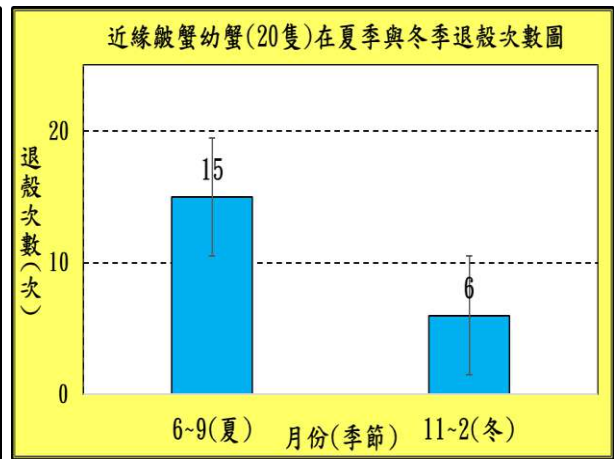


圖1-3-4：幼蟹(20隻)在夏季與冬季蛻殼次數



◎成長樣本編號1號蛻殼記錄



◎成長樣本編號4號蛻殼記錄

◆討論：

1. 由結果發現(圖1-3-1、1-3-2)，蛻殼後的殼寬、殼長都有些許的增加，也就是牠們的成長方式確實是透過蛻殼的方式成長，當沒有蛻殼時，殼並不會變大。
2. 近緣皺蟹蛻殼間隔天數變化很大，可以從四十幾天到三百多天(圖1-3-3)，並沒有很穩定的蛻殼間隔。
3. 將這20隻幼蟹蛻殼時間做統計，發現夏天蛻殼頻率明顯較冬天高(圖1-3-4)，也就是平均來說，夏天應該會長得快一些，到了冬天，成長會較緩慢，實驗室很多飼養的幼蟹，甚至從秋天到隔年春天都沒有蛻殼。

一、近緣皺蟹的生物生態：實驗1-4 繁殖

★動機：夏天野外調查時，經常發現母蟹有抱卵的情形，近緣皺蟹是否會有明顯繁殖季呢？

△實驗假設：近緣皺蟹有固定的繁殖季。

☆方法：1. 每個月在同一潮間帶隨機搜集至少50隻近緣皺蟹，確認公母及抱卵隻數。

2. 採集抱卵母蟹(共7隻)，在實驗室讓卵孵化，記錄抱卵時間與卵的顏色變化。



◎公母與抱卵調查(七月)



◎公母與抱卵調查(十一月)



◎母蟹腹甲具有抱卵附肢構造

◇結果：

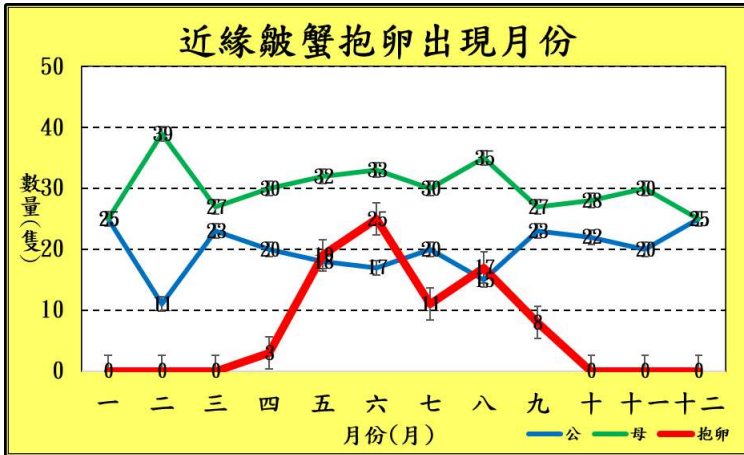


圖1-4：近緣皺蟹抱卵月份圖

※ 繁殖樣本編號5號卵的顏色變化：



◎卵深紅色(第1天)◎深紅色(4天)◎顏色變淡(8天)◎胚胎成形(9天)◎已孵化(10天)

◆討論：

1. 在我們一年多的調查中，我們發現近緣皺蟹抱卵期間落在4-9月(圖1-4)，特別是5-6月，超過一半的母蟹都是抱卵狀況，到了10月一直到隔年3月，母蟹都沒有抱卵跡象。
2. 母蟹剛抱卵時，卵呈現有點帶墨綠的深紅色，接著顏色會漸漸變淡，當見到成型的胚胎時，隔天便會孵化，所有卵的孵化過程陸續約2-3個小時，雖然採集前便已抱卵，但我們多次飼養的結果，整個過程很少超過10天，因此我們推估整個抱卵時間應該在10-15天之間。
3. 我們也試圖讓牠們在實驗室魚缸內產卵，以便記錄整個抱卵過程，只是在魚缸內的個體，或許大部分都已經產過卵，我們並沒有成功取得交配繁殖的樣本，不過有發現編號1號在卵孵化後不久，又再度抱卵，只是卵量明顯少很多，因為實驗室都是單獨個別飼養，因此我們推測牠們在交配完後，公蟹將精英放在母蟹體內，第一次產卵可以有較多受精卵，但第二次的卵量則少很多，固定狀況也不是很理想，最終散落在魚缸內，並沒有成功孵化。

## 二、近緣皺蟹的挖沙方式：實驗2-1-1 如何挖沙(只有沙子)

★動機：我們發現當近緣皺蟹在沙子上時，似乎會有挖沙的行為，那牠是怎麼進行的呢？

△實驗假設：近緣皺蟹會用四對步足挖沙。

☆方法：1.利用10cm\*10cm\*10cm 的小方形盒，放入約1/3的海沙，加入海水(使淹過沙子)，架設攝影機，每次放入1隻近緣皺蟹，以上方及側面拍攝記錄近緣皺蟹挖沙的行為。(共5隻)  
2.透過影片觀測，找出近緣皺蟹挖沙行為的模式。



◎實驗過程



◎放入一隻近緣皺蟹



◎開始先爬行

## 二、近緣皺蟹的挖沙方式：實驗2-1-2 如何挖沙(沙子+石頭)

★動機：我們發現當近緣皺蟹在沙子上時，經常會先爬動，碰到盒子邊緣時，便在盒子邊緣挖掘，那在有可以依靠的物體時，牠們的挖掘行為會不會不一樣呢？

△實驗假設：近緣皺蟹在有石頭環境下，會有不同的挖沙方式。

☆方法：1.在沙上放入一顆天然小岩石，海水不淹沒，同樣架設攝影機記錄。(共5隻) 2.透過影片觀測，找出近緣皺蟹在有石頭時的挖沙模式。



◎錄影拍攝實驗過程



◎放入一隻近緣皺蟹

### ◇結果：

1. 近緣皺蟹一開始會四處爬行，身體傾斜後，接著便利用1-3對步足交替撥動沙子，沙子會在腹部下方往前移動，此時身體便慢慢進到沙內，兩隻螯會開始將上升的沙子推開，並藉此力量讓自己更往下方移動，側面錄影時可觀察到，第4對步足會擋住向下掉的沙子，讓自己前方與下方有些空隙，每一對步足再改為同步挖掘，讓自己慢慢潛入沙內。



◎1-3對步足開始挖沙



◎30秒時間半個身體已經進去



◎側面錄影記錄

2.在有石頭情況下，近緣皺蟹的挖沙行為確實有些不一樣，牠們會背靠著石頭來進行挖沙，過程中，會貼著岩石下方移動，因此如果岩石底部是偏水平，挖掘的方向也會偏水平，最後則是會在岩石與沙之間。



◎”步足”挖沙(背靠石頭)    ◎”螯”推沙(背靠石頭)    ◎消失在石下沙內

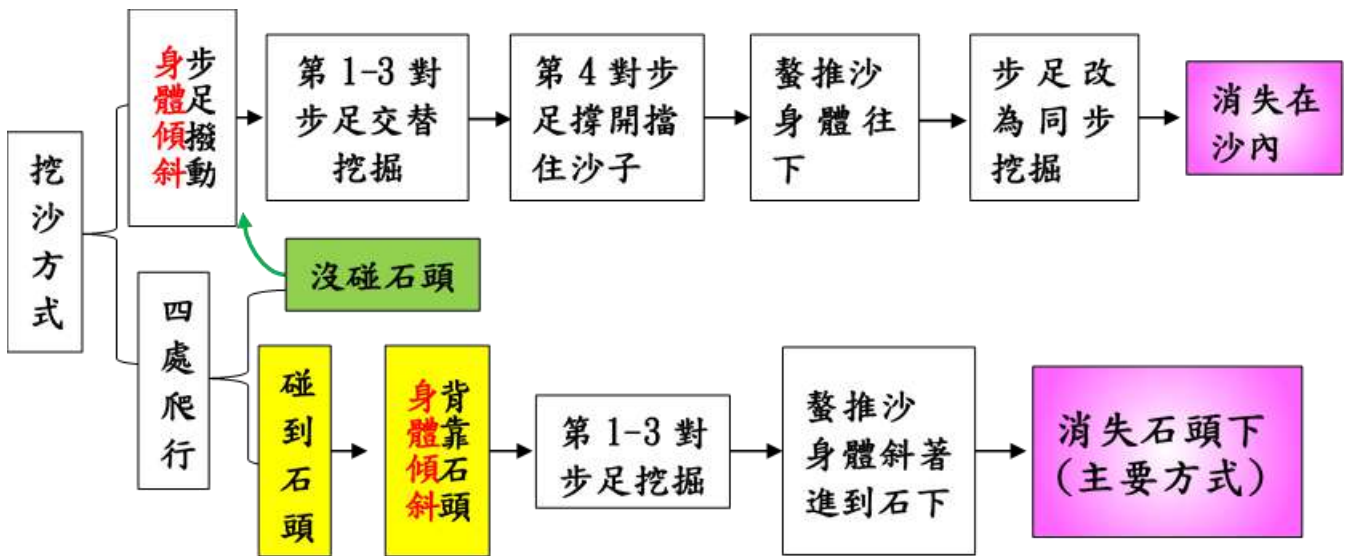


圖2-1：近緣皺蟹挖沙方式圖

◆討論：

1. 從我們的錄影影片可以發現，近緣皺蟹在挖沙時，很多部位都會運用到，利用短而尖的步足翻動沙子，再搭配寬的雙螯來推沙，為避免挖起來的沙再流回去，會撐開第四對步足來擋住要滑下的沙石，如此一來，腳下就會出現空隙，讓自己可以再往下挪移。
2. 從我們的實驗錄影和野外調查結果來看，雖然近緣皺蟹也可以直接挖沙躲藏，但野外退潮時，很少發現近緣皺蟹直接在沒有石頭的沙內挖沙，大部分都是沿著石頭下緣挖掘，也就是石頭下有沙子才是牠們想要的躲藏環境。
3. 近緣皺蟹利用步足挖沙的行為，與國外針對沙蟹挖沙行為描述有雷同之處(雖是不同種類)，也是1、2對步足輪流挖沙，第3對步足則有不同方向的運動，且第3對步足挖掘速度較前兩對快(Faulkes Z. 1997)，文獻中還提到三種不同科的螃蟹，卻有著類似的挖沙行為，表示挖沙模式的演化並不多，這挖沙行為同時也發生在 Raninidae(蛙蟹科)的 *Ranina ranina*(真蛙蟹)上，而且也提到第4對步足沒有挖沙行為(Faulkes Z. 2006)，這些挖沙行為描述都與近緣皺蟹的行為極為類似，就算居住的環境並不相同。

二、近緣皺蟹的挖沙方式：實驗2-2 個別差異--公母、抱卵、幼蟹、殘缺

★動機：近緣皺蟹不管公蟹、母蟹、抱卵母蟹甚至幼蟹或殘缺個體，似乎都有挖沙行為，

這些不同個體的差異會不會有不同的挖沙方式呢？

△實驗假設：近緣皺蟹的個體差異會有不同的挖沙方式。

☆方法：1.分別進行公蟹、母蟹、抱卵母蟹及幼蟹及殘缺個體的挖沙攝影，再由影片觀察並記錄牠們的挖沙行為是否有差異。(每類別各5隻)。



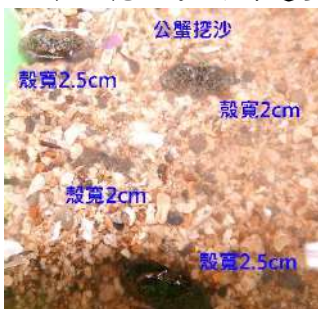
◎挑選實驗對象



◎攝影機拍攝挖沙過程

◇結果：

1. 雖然公蟹體型稍大，但挖沙模式與母蟹相同，都是先用前3對步足挖沙，第四對步足撐開來擋住沙子，並以雙螯推開沙子，當有石頭時，都是背靠石頭來進行挖沙。
2. 抱卵母蟹因為有抱卵，腹部較突出，但這並不影響牠們的挖沙行為，且也會在碰到石頭時，挖到石頭下方躲藏。
3. 0.5-1.0公分殼寬的幼蟹，雖然個體小，但仍然具有相類似的挖沙行為，且可能因為個體小，挖入沙內的速度更快。



◎公蟹挖沙行為



◎母蟹挖沙行為



◎抱卵母蟹挖沙行為



◎幼蟹挖沙行為

4. 有殘缺的近緣皺蟹，缺螯時，原本要推開沙石的工作，會由第一對步足代替，而缺第四對步足時，原本要擋住滑落沙石的工作，會由第三對步足取代，但兩者都在挖沙效能上變差了，健全的個體一分鐘以內便能挖進沙內，但殘缺的挖了五分鐘，仍只是半個身體在沙內，挖沙效能明顯變差，在多變的潮間帶存活機率可能會比較低，因此，野外雖然可以見到殘缺的個體，但數量並不多。實驗樣本中並沒有缺第一、二、三對步足的個體，但可以想像，如果缺了挖沙的最主要構造(第一~三對步足)，應該要花更長時間挖沙，或甚至無法挖入沙內，無法挖入沙內的近緣皺蟹，可能也比較難存活在這個有浪有天敵的區域。

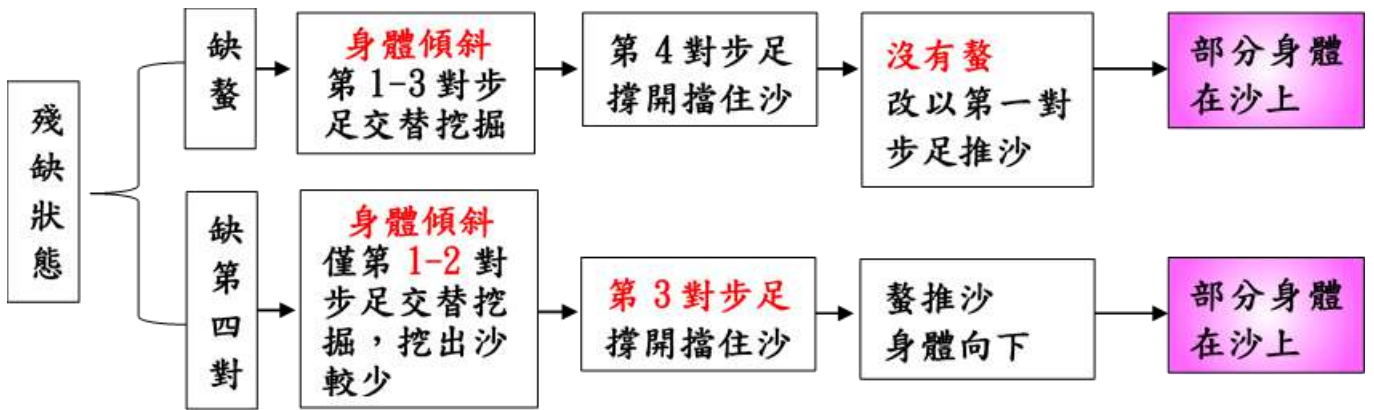


圖2-2：殘缺狀態的近緣皺蟹挖沙方式圖



◎缺螯時雖有第一對步足協助，但效能變差 ◎缺第四對步足時雖有第三對協助，但效能變差

◆討論：

1. 我們發現近緣皺蟹從幼蟹便有挖沙的行為，而且不論公母、抱卵與否，甚至有殘缺的個體，也都有類似的挖沙行為，這跟牠們本身小體形應該有很大關係，因此即便母蟹抱卵，還是可以挖進石下沙內躲藏，不過值得一提的是，缺了部分步足或螯，雖然還是有挖沙動作，但在效能上會有明顯的差異，甚至有時只能讓半個身子進入沙內，野外調查時，石下沙內的大部分個體都是完整的，或許這些有殘缺的個體在不容易挖進沙內躲藏情況下，存活率也會較低。

二、近緣皺蟹的挖沙方式：實驗2-3 不同種類

★動機：野外做穿越線調查近緣皺蟹時，會發現不同種螃蟹，而這些螃蟹是否也有相類似的挖沙行為呢？

△實驗假設：棲息區域與近緣皺蟹接近的螃蟹，也會有相類似的挖沙行為及方式。

☆方法：1. 潮間帶採集同區域內皺蟹屬的肉球皺蟹、細巧皺蟹及非皺蟹屬的梭子蟹、史氏酋婦蟹，以相同方式進行挖沙方式實驗，觀察牠們是否挖沙？挖沙方式是否與近緣皺蟹相同？



◎肉球皺蟹外觀

◎細巧皺蟹外觀

◎梭子蟹外觀

◎史氏酋婦蟹外觀

- ◇結果：1. 由實驗影片得知，皺蟹屬的螃蟹不管是肉球皺蟹或細巧皺蟹，牠們挖沙方式與近緣皺蟹完全相同，基本上都是第一~三交替挖掘，第四對步足，撐開來擋住沙子防止掉落，且螯一樣有推沙的動作。
2. 非皺蟹屬的螃蟹，則沒有明顯挖沙躲藏行為，這與我們野外調查結果完全相同，退潮時，石頭底下的沙內只有皺蟹屬的螃蟹。

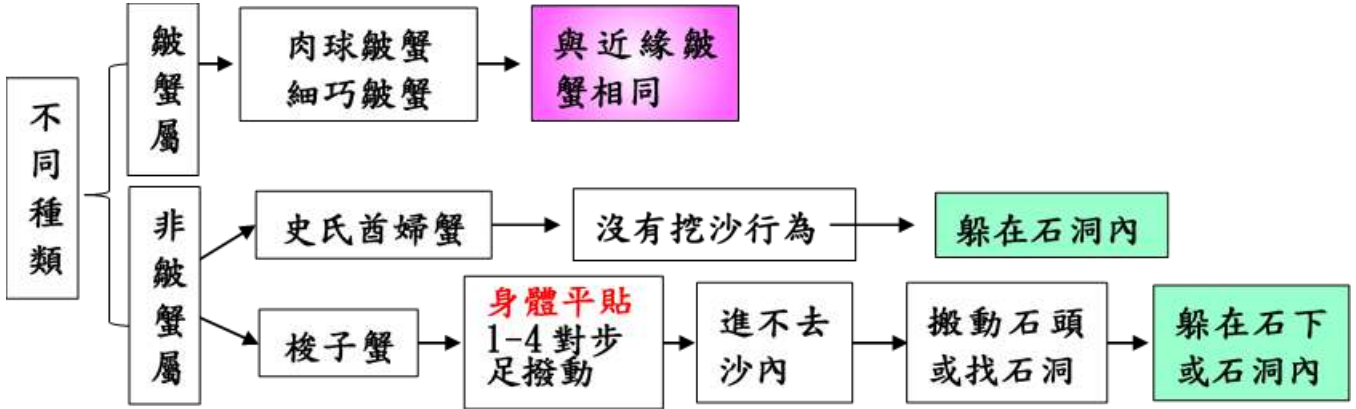


圖2-3：不同種類與近緣皺蟹挖沙比較圖



◎肉球皺蟹挖沙      ◎細巧皺蟹挖沙      ◎梭子蟹縮在石頭下      ◎史氏酋婦蟹無挖沙行為

◆討論：

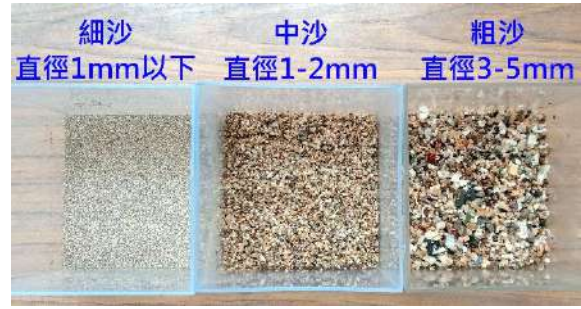
1. 同為皺蟹屬的肉球皺蟹及細巧皺蟹，牠們的挖沙方式基本上跟近緣皺蟹幾乎相同，而非皺蟹屬的史氏酋婦蟹完全沒有挖沙行為，僅會尋找石洞、石縫來躲藏，梭子蟹雖然也會用一~四對步足交替挖掘，但並沒有明顯挖沙效果，碰到石頭時，會試著利用螯搬動石頭，讓自己的身體可以進到石頭底下。
2. 野外肉球皺蟹與細巧皺蟹的數量明顯比近緣皺蟹少很多，不過棲息環境幾乎是重疊的，也是在有沙、有石頭的環境居住，行為也很相近，就連抱卵期也差不多。
3. 梭子蟹雖然也有撥動步足看似挖沙的行為，但與皺蟹屬挖沙最大的差別，主要在梭子蟹並沒有“傾斜身體”的動作，因此即便步足一直來回撥動沙子，最終都還是在沙子上，並無法挖入沙內。
4. 非皺蟹屬的螃蟹都會有石洞、石縫躲藏的行為，在野外也沒有發現牠們有躲藏沙內的行為，顯然挖沙並不是牠們主要行為模式，這兩類都是相對較兇猛的螃蟹，體型也較大，史氏酋婦蟹在岩石上有很好的爬行能力，梭子蟹第四對步足(泳足)呈現片狀，則有特殊的游泳能力，牠們居住的環境也是沙石比較少的區域，這跟牠們不會挖沙躲藏應該很有關係，不同策略的生存方式會選擇不同棲息環境。

三、近緣皺蟹在不同環境條件下的挖沙行為：實驗3-1 沙的粗細

★動機：潮間帶沙子粗細差異很大，不同粗細的沙子，是否影響近緣皺蟹挖沙呢？

△實驗假設：不同粗細的沙子會影響影響近緣皺蟹的挖沙。

☆方法：1.利用簡易篩網，分別篩出細沙(直徑1mm)、中沙(直徑1-2mm)與粗沙(直徑3-5mm)，在海水淹過沙子情況下，記錄近緣皺蟹在不同粗細沙子下四分鐘後挖沙進度。(每組10隻)



◎潮間帶篩選可用沙子    ◎實驗室再篩選一次    ◎不同粗細的沙子

◇結果：

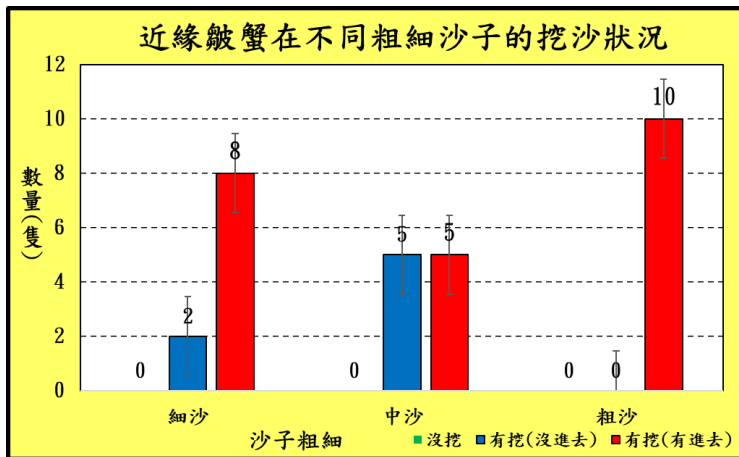


圖3-1：近緣皺蟹在不同粗細沙子的挖沙狀況

◆討論：

1. 沙子粗細是否影響近緣皺蟹挖沙呢？也就是近緣皺蟹在不同粗細的沙地上的挖沙行為是否會有不同呢？在我們使用不同粗細的沙子給近緣皺蟹挖沙時的結果發現，牠們不管在哪一種粗細的沙上，都會有挖沙的行為，但是在挖沙速度與困難度上會有些差異(圖3-1)，仔細觀察在不同粗細沙子的堆疊狀況，粗沙彼此間的空隙最大，也因為沙石大，近緣皺蟹在翻動沙石時，容易彼此卡住而不會一直往下滾，近緣皺蟹便有空間可以往下，而細沙雖然彼此空隙小，但相對也比較輕，從影片可以看到牠們可以很快速的擺動步足，反而界在中間的中沙，顆粒不大，容易往下滾，重量也比細沙重些，因此在挖掘時，反而比較容易停頓。
2. 野外表面大多是不同大小的粗沙，因此對牠們而言，當海水來時，是很容易往下挖掘的，但粗沙下面就是較均勻的中沙，這就增加牠們繼續挖掘的困難度，這或許也是近緣皺蟹挖沙並不會太深的原因之一，即使想挖深也不容易。



◎在野外，近緣皺蟹很少挖很深的沙



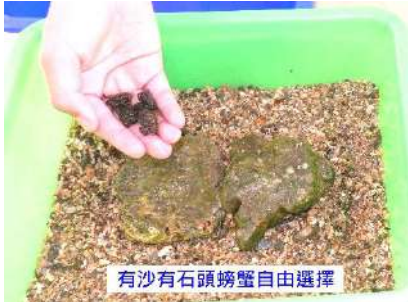
### 三、近緣皺蟹在不同環境條件下的挖沙行為：實驗3-2 找石頭挖沙？

★動機：潮間帶近緣皺蟹棲息環境除了沙之外，大部分都是石頭，在有石頭的環境時，近緣皺蟹會不會刻意去找石頭躲藏？

△實驗假設：近緣皺蟹會找到石頭後再挖沙。

☆方法：1.在沙子上放入天然岩石，再將近緣皺蟹放在離石頭較遠的沙子上，觀察牠們最後躲藏的位置。(共50隻)

2.將近緣皺蟹直接放在石頭上，觀察牠們最後躲藏的位置。(共50隻)



◎布置有沙有石頭的環境

◎將螃蟹放在石頭上讓其自由移動

◇結果：

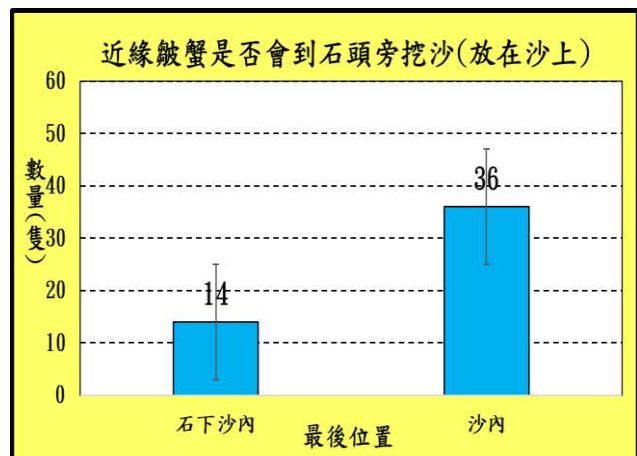
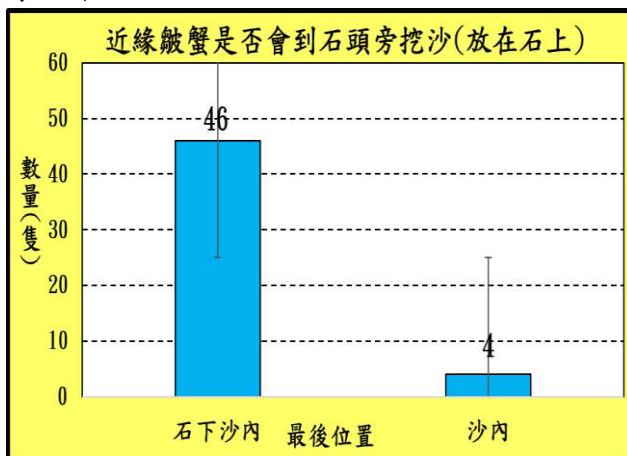


圖3-2-1：近緣皺蟹是否會到石頭旁挖沙(放在石上)圖3-2-2：近緣皺蟹是否會到石頭旁挖沙(放在沙上)

◆討論：

1. 近緣皺蟹是否會主動找石頭挖沙？我們在潮間帶發現近緣皺蟹時，牠們都會躲藏在石頭下，那近緣皺蟹是否都是主動尋找石頭挖沙的呢？當我們將近緣皺蟹放在石頭上時，讓牠們自由選擇挖沙位置，大多數都會沿著石頭邊緣往下挖(46/50)(圖3-2-1)，但如果放在石頭旁的沙上時，去找石頭再挖沙的數量並不多(14/50)，超過一半的近緣皺蟹反而會直接在沙上或爬一小段就往下挖，由此可見，牠們確實會有短距離爬行找石頭行為，但若沒有馬上找到石頭，牠們還是會先挖進去沙內，這應該是牠們主要的躲藏方式。
2. 近緣皺蟹棲息在潮間帶的區域屬於石頭密度高的區域，而這些石頭間與石頭下的空隙也自然聚集了大大小小沙子，牠們可以很容易就碰到石頭，接著便沿著石頭邊緣往下挖沙，這也解釋了為甚麼退潮時，幾乎所有的近緣皺蟹都躲藏在石下沙內。

### 三、近緣皺蟹在不同環境條件下的挖沙行為：實驗3-3-1 沙內水分

★動機：潮間帶每天都會有海水的漲退，那沙內有水、沒水是否影響近緣皺蟹挖沙呢？

△實驗假設:沙內有水、無水會影響近緣皺蟹挖沙。

☆方法：1.將沙子的水分分成乾沙、濕沙及淹水三種環境，觀察近緣皺蟹在這三種環境下，多久可以挖進沙內。(每組20隻)



◎實驗過程

◎乾沙環境

◎濕沙但不淹水

◎沙子淹水

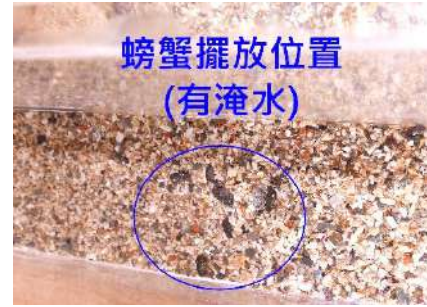
2.從有水到無水：利用傾斜大魚缸模擬高低地形，並利用水可進出的隔板將大魚缸分成兩半，一半有沙(實驗區域)，一半則是無沙(舀水區)，淹滿水後，在實驗區(地勢較高位置)放入10隻近緣皺蟹，讓其自由挖沙，並在挖沙位置插一竹籤標記，接著每30秒在舀水區舀出300ml，模擬水漸漸減少情況，直到最低位置約10cm 範圍是有水，其他區域則都已”無淹水”，此時所有螃蟹均已處於無淹水狀況，錄影觀察到隔天，觀察牠們是否有離開沙子找水的行為(進行3次，共30隻)。



◎實驗裝置



◎實驗前沙子都淹到水



◎螃蟹放置在實驗區

3.從無水到有水：先讓近緣皺蟹挖沙隱藏在沙裡(10隻)並以竹籤標記，接著把水抽離，此時所有螃蟹均已潛在沙內，並處於”無淹水”狀態，靜置半天後，開始加水，每30秒加入300ml，直到全部區域都淹滿水，靜置到隔天，隔天觀察他們的最終的躲藏位置，全程並以攝影機攝影記錄(進行3次共30隻)。



◎先讓螃蟹挖沙後再抽離水，並標記隱藏位置



◎半天後每30秒加水300ml 直到淹水

◇結果：

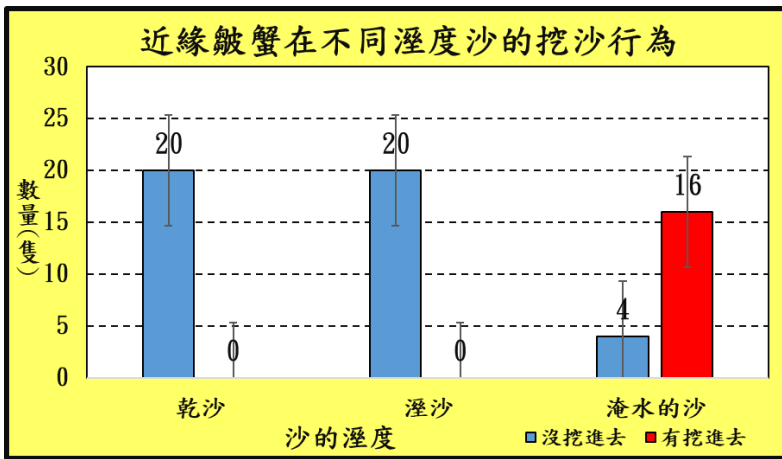


圖3-3-1-1：近緣皺蟹在不同溼度沙的挖沙行為

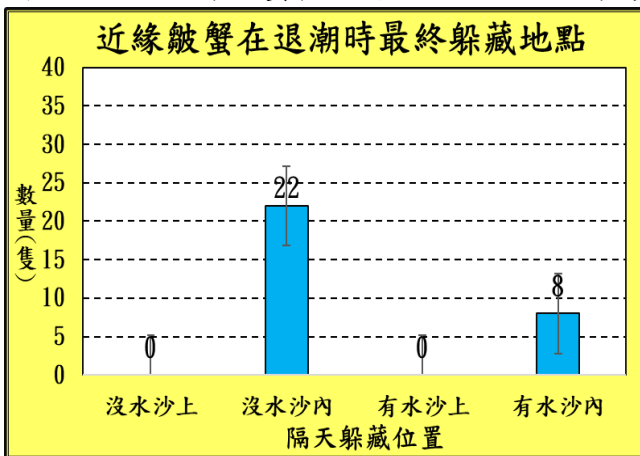


圖3-3-1-2：近緣皺蟹在退潮時的躲藏地點

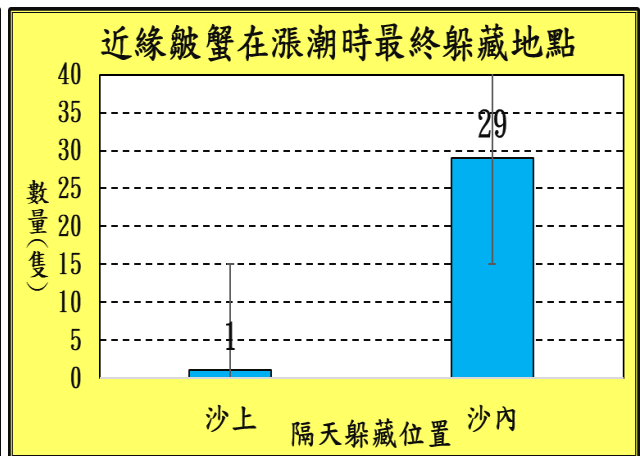
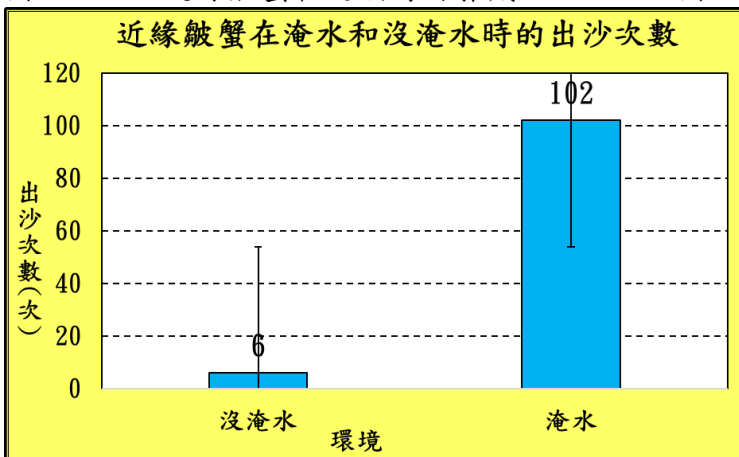


圖3-3-1-3：近緣皺蟹在漲潮時的躲藏地點



圖：3-3-1-4：近緣皺蟹在有淹水情況下的出沙次數圖(計算次數)

◆ 討論：

1. 近緣皺蟹的挖沙是否會受到不同溼度的沙影響呢？在實驗結果(圖3-3-1-1)中，近緣皺蟹只有在淹水的沙可以"完全"挖入沙內，在溼沙和乾沙的環境下都無法完全挖入沙內，這蠻合理的，因為淹水情況下，水的浮力讓挖掘變得較為容易，同時這也說明了，在潮間帶退潮時，躲藏在石頭下沙內的近緣皺蟹，應該都是在水還沒有完全退去前，就已經挖進沙內。
2. 為證實牠們確實會在水去退前挖沙躲藏，我們進行了退潮後再淹水的實驗(無水到有水)，發覺這段時間，確實很多近緣皺蟹會爬出沙子，四處爬動(圖3-3-1-4)，很像在覓食，但並不會一直在沙面上，一段時間後，又會挖沙進去(在實驗影片中，一天內每隻近緣皺蟹

平均進出沙子3次)。一整個晚上後，即便是淹水情況，牠們多數還是會挖進沙內(圖3-3-1-3)，也就是說，即使是有淹水，牠們多數時間還是會挖入沙內，或者說是進食完便會再挖進沙內，並不會等到準備退潮才挖沙躲藏。

3. 至於退潮期間，近緣皺蟹在沙內是否可能出沙換位置？我們長時間錄影(從有水到無水)的結果發現，大多數的近緣皺蟹隔天最終會選擇停在沙內(22/30)(圖3-3-1-2)，不過部分離水比較近的近緣皺蟹，雖然沒淹水，但可能沙內是積水的，還是有部分爬出沙子(從實驗影片中發現)，在沙面爬行過程中，爬進到淹水區域，最後便在淹水區域挖沙(8/30)，不過在野外，棲息在中低潮帶的近緣皺蟹，等待下一波漲潮並不會太久，應該不需要在沒有淹水情況就爬出沙子。

### 三、近緣皺蟹在不同環境條件下的挖沙行為：實驗3-3-2 有水有浪是否出沙

★動機：由前面實驗得知，近緣皺蟹在淹水時確實能出沙，但近緣皺蟹棲息區域並非潮池環境(退潮時仍會有淹水狀況)，而是海蝕平台偏中潮帶有沙有石頭的區域(海浪長期衝擊堆積區域)，在這裡淹水時多半會有海浪的沖刷，那牠們要如何在這種狀況下出沙呢？有沒有可能在浪與浪間出沙呢？

△實驗假設：近緣皺蟹會在浪與浪衝擊的間隔間出沙。

☆方法：在大魚缸內模擬潮間帶的環境，放入沙子、水和石頭，讓近緣皺蟹挖入沙內，再將水抽離，過一夜後(模擬退潮無水狀況)，再以浪衝擊模擬漲潮的狀況(約每1分鐘沖一次)，觀察牠們是否有在浪與浪的間隔間出沙。

◇結果：

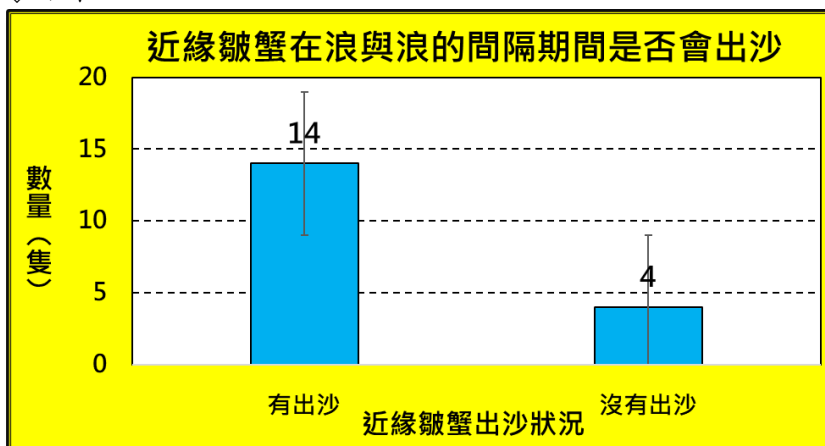


圖3-3-2：近緣皺蟹在浪與浪間的出沙狀況

◆討論：

1. 由實驗結果得知(圖3-3-2)，大多數沙內的近緣皺蟹，在浪與浪的間隔期間，牠們確實會出沙，而因為爬出來的四周都有大石頭，使得海浪不會直接將牠們帶走，近緣皺蟹便沿著石頭邊緣四處爬行(也有可能沿著石頭再挖沙躲藏)。
2. 從無水狀況到有浪沖擊，一開始近緣皺蟹並沒有出沙，一直到水慢慢淹起來了，便開始有些近緣皺蟹會爬出沙，可以推測在野外時，牠們應該也會等到水已經淹到沙石的時候才會出來活動。
3. 在有浪有海流情況下出沙確實容易被沖走，但因為牠們棲息的區域密布大石頭，大石頭間的空隙不但讓浪與海流減弱，更提供牠們暫時躲藏的處所，難怪近緣皺蟹會選擇這樣的環境棲息。

#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-1-1 海浪(主要可能原因)

★動機：潮間帶每天漲退潮，海浪不定時沖刷，牠們挖沙是否是為了怕被浪沖走呢？

△實驗假設：近緣皺蟹的挖沙是為了躲避海浪的衝擊。

☆方法：1. 分別布置玻璃、石上、沙上、沙內和石下沙內的環境，並將近緣皺蟹放置在該環境上，利用人工造浪衝擊，記錄牠們沒有被浪沖走的數量(20隻/每種環境)。

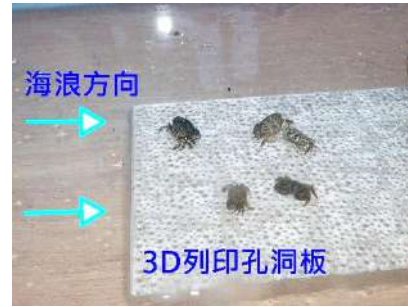
2. 利用3D 列印技術，製造多孔洞的人工岩石平台(可讓近緣皺蟹步足指節伸進去)，將近緣皺蟹放置在3D 人工岩石平台上方，再以浪衝擊，記錄牠們沒有被浪沖走的數量(20隻)。



◎海浪沖擊實驗設備



◎有沙有石頭環境



◎3D 列印孔洞板

◇結果：

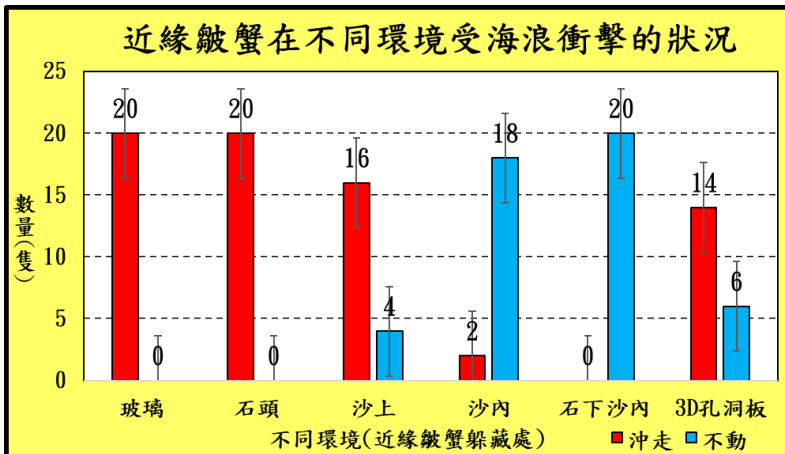


圖4-1-1：近緣皺蟹在不同環境受海浪衝擊的狀況

◆討論：

1. 近緣皺蟹挖沙是否可能是為了躲避海浪呢？在我們海浪沖擊實驗圖中可以發現(圖4-4-1)，近緣皺蟹在玻璃、石上、沙上的環境時，幾乎完全無法抵抗海浪，那是否沙內的就不會被浪沖走呢？我們發現在沒有石頭的情況下，即使挖入沙內，還是有可能被海浪沖出來(2/20)，實驗室的浪沒有野外強烈，如果在野外，在沙內被沖出來的可能更多，唯一可以安全不被沖離的是挖到石頭下的沙內，只要石頭不被沖走，近緣皺蟹幾乎可以一直維持在石下沙內，而近緣皺蟹在潮間帶棲息區域的石頭更為密集，所以很不容易被沖走。也就是說，挖沙確實在躲浪上有一定效用，但因為挖得不深，因此還必須借助石頭的保護才能達到最好的效果。
2. 石頭下的位置我們並沒有進行，因為石下跟石洞是相類似環境，而大部分石洞都有其他生物，近緣皺蟹並不是強勢到可以佔據石洞的潮間帶生物(而且在野外我們很少發現近緣皺蟹棲息在沒有沙只有石頭的地方)。
3. 岩石如果有坑坑洞洞，難道牠們步足上尖的指節也沒辦法固定嗎？在我們設計的3D 孔洞板(模擬多凹洞的岩石)實驗中，超過一半還是被沖走(14/20)(圖4-1-1)，由此可見，牠們只

有挖沙進到石頭底下，才能對躲避海浪產生很大的效果，躲避浪的衝擊應該是牠們挖沙的重要原因之一。

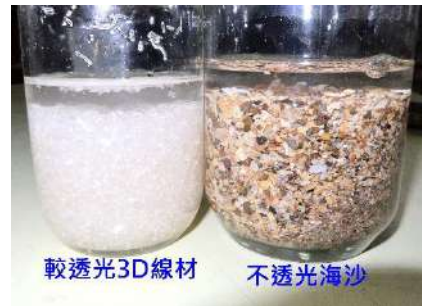
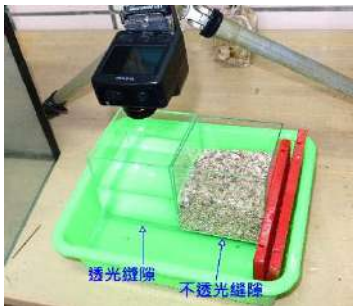
#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-1-2 光線(主要可能原因)

★動機：在野外調查時，翻開石頭發現近緣皺蟹時，牠們都會很快的爬到石頭下，會不會是因為牠們畏光呢？那挖沙是否是為了躲光呢？

△實驗假設：近緣皺蟹的挖沙是為了躲避光線的照射。

☆方法：1.利用兩個透明方形盒，一個裝水(透明)，一個裝沙(不透明)，一起裝置在小盆子中，並固定成傾斜狀(可供近緣皺蟹爬到方形盒底下躲藏)，再將5隻近緣皺蟹放在盆子內，錄影記錄牠們待在哪個區域的時間較久(透明或不透明)。(進行3次，每次5隻)

2.利用透明小顆粒(模擬沙子)，將近緣皺蟹放入其中，觀察牠們在透明沙子中是否仍有挖沙行為(如果有，代表挖沙不完全是為了躲光，如果沒有，代表挖沙可能是為了躲光)。



◎實驗裝置

◎攝影機錄影記錄

◎較透光3D線材模擬海沙

3.利用完全不透光且可以完全罩住實驗盒子的大紙箱，在實驗盒子內(有沙有淹水)放入5隻近緣皺蟹，並立即蓋上紙箱，10分鐘後打開箱子，記錄挖入沙內近緣皺蟹數量(進行6次，共30隻)。



◎將近緣皺蟹放入挖沙區域

◎在利用大紙箱罩住，使完全無光

◇結果：

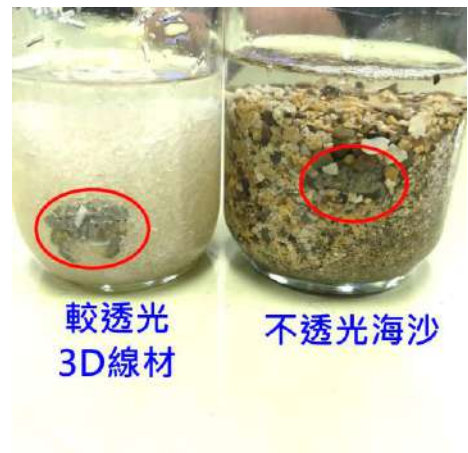
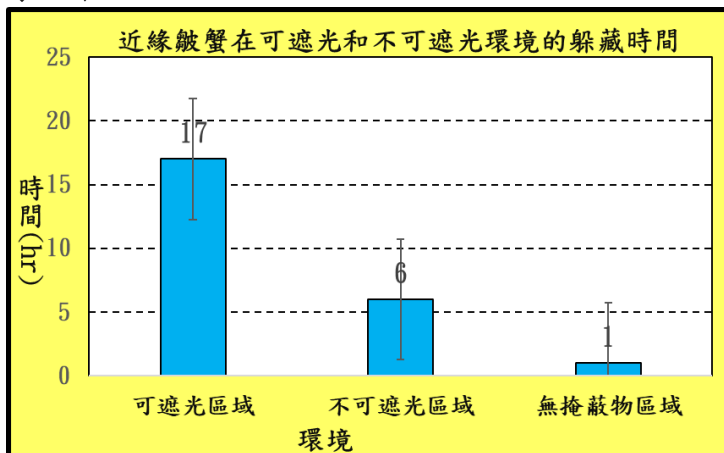


圖4-1-2-1：近緣皺蟹在可遮光和不可遮光環境的躲藏時間◎不管透不透光，近緣皺蟹都會挖

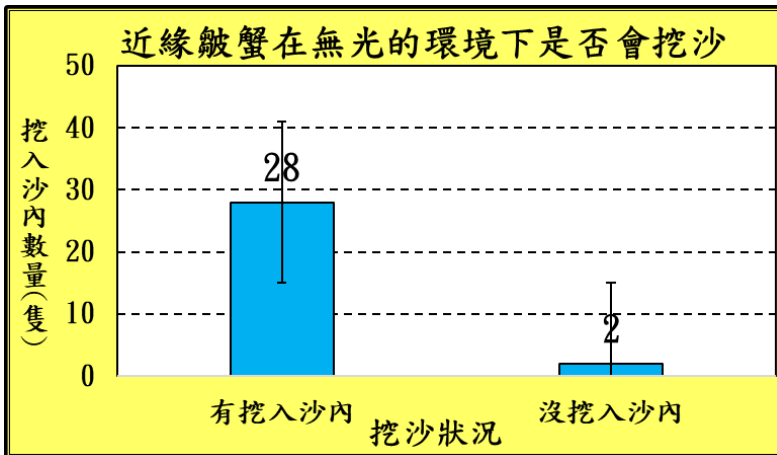


圖4-1-2-2：近緣皺蟹在完全無光下的挖沙行為

◆討論：

1. 近緣皺蟹挖沙是否可能是為了躲避光線呢？在石下或沙內都可以躲避光線，習慣石下沙內的近緣皺蟹是不是因為怕光呢？在我們設計有遮光無遮光的躲藏環境中，平均下來，確實牠們較長時間是在可遮光的環境(圖4-1-2-1)，可見得近緣皺蟹是會畏光的，那真的躲光就是牠們挖沙的原因嗎？
2. 我們也利用偏向透明的3D 列印線材，剪成沙石狀態，再放上近緣皺蟹，結果發現牠們還是挖掘進去，而且可能是3D 線材較輕的關係，挖得很快，也就是就算透明的沙，牠們也會挖，那這樣挖沙跟遮光似乎又不見得有很直接的關係。加上，在完全不透光環境下，近緣皺蟹仍有很高的比例挖入沙內(圖4-1-2-2)，也就是挖沙可能不完全是為了躲避光線。
3. 在我們幼蟹成長飼養中，為方便記錄蛻殼，並沒有讓牠們住在有沙的環境，牠們一樣可以存活的很正常，偶爾會在石頭外，多數時間則幾乎都待在石頭下方，由此看來，雖然挖沙行為不完全只是為了躲光，但牠們確實比較喜歡沒有光的環境，挖沙也確實可以讓自己處在比較陰暗的環境。

#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-1-3 生物(主要可能原因)

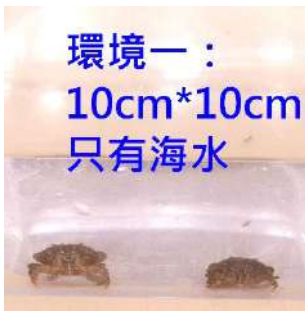
★動機：在實驗室飼養觀察時，發現飼養在一起近緣皺蟹，隔天會有斷腳或螫的狀況，難道牠們容易互相攻擊？而挖沙行為是否是為了躲避對方或其他天敵呢？

△實驗假設：近緣皺蟹的挖沙是為了躲避彼此或其他生物的攻擊。

☆方法：1. 確認同類是否能近距離棲息，設置四種環境—「只有海水」、「海水中有石頭」、「海水中有沙」及「海水中有沙也有石頭」，分別放入兩隻近緣皺蟹，錄影記錄牠們發生打鬥的次數。

2. 量測野外潮間帶真實環境下，兩隻近緣皺蟹的距離。

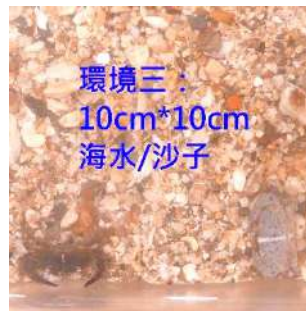
3. 分別在「沒有沙」有石頭及「有沙」有石頭的環境，放入近緣皺蟹和梭子蟹，錄影記錄近緣皺蟹是否有被梭子蟹攻擊。



◎只有海水



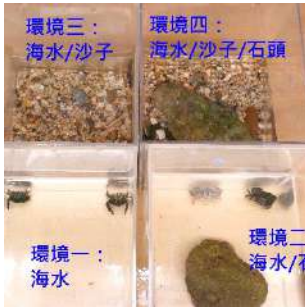
◎海水加石頭



◎海水加沙



◎海水加沙跟石頭



◎不同環境



◎潮間帶測量彼此距離



◎距離少於10cm



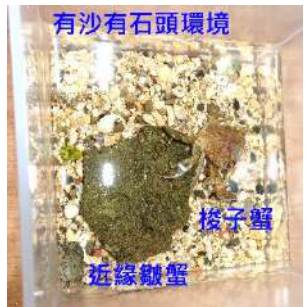
◎距離超過10cm



◎沒有沙與梭子蟹共處



◎隔天近緣皺蟹少步足



◎有沙與梭子蟹共處



◎同住三天也無損傷

◇結果：

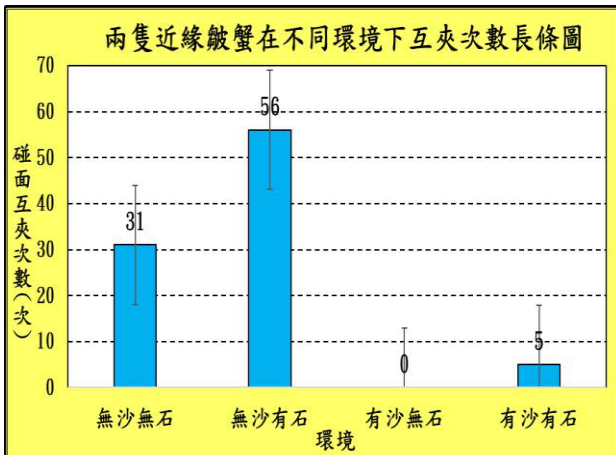


圖4-1-3-1：近緣皺蟹在不同環境下互夾次數

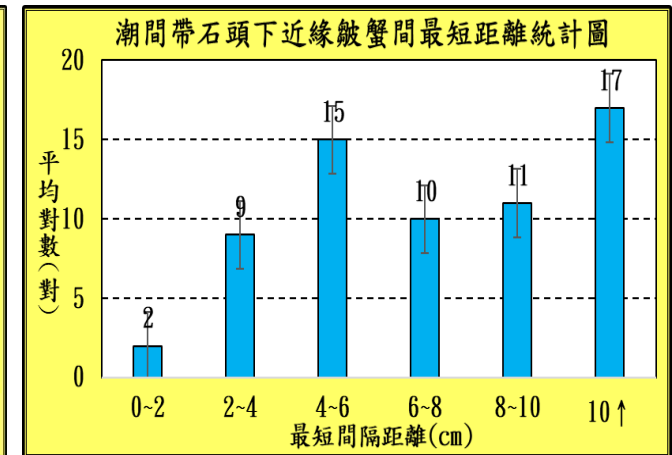


圖4-1-3-2：潮間帶石頭下近緣皺蟹間最短距離

◆討論：

1. 近緣皺蟹挖沙是否可能是為了避免同類互殘或躲避天敵呢？我們大部分的近緣皺蟹都是單獨飼養，主要是因為之前多隻飼養在一起，隔天便發生有互殘的情形，那牠們的挖沙有沒有可能是為了不要接觸彼此或甚至躲避天敵呢？在我們設計的四個不同環境中，讓兩隻近緣皺蟹同住情況下，沒有沙的兩個環境(無沙無石、無沙有石)，碰面互夾的情形非常明顯(31次、56次)(圖4-1-3-1)，雖然不一定立即造成彼此損傷，但是有可能讓步足或整



斷落，其中在有石頭沒有沙的環境下，發生互夾的頻率最高，影片中可以發現，兩隻都會往石頭下躲藏，自然增加彼此碰面的機會。

2. 野外自然環境下，近緣皺蟹是否彼此有保持距離呢？我們發現，退潮時，石頭下沙內的近緣皺蟹彼此距離，雖然很多都在10公分以上，但0-4公分的也不少(圖4-1-3-2)，而都沒有打鬥痕跡。多隻近緣皺蟹挖在沙內，雖然距離很近，但並不會產生打鬥情況。
3. 潮間帶石洞內有不同類型螃蟹，常見的梭子蟹便是其中一種，如果讓近緣皺蟹與梭子蟹住在同一空間(10\*10\*10公分盒子)，沒有沙子的情況下，隔天近緣皺蟹的步足就有一半被拔掉了；反觀如果是在有沙的環境，連續飼養三天，躲在沙內的近緣皺蟹依然毫髮無傷，因此即便躲避天敵或避免同類相殘不一定是近緣皺蟹唯一挖沙的主因，但挖沙躲藏的確大大降低自己被捕食的可能性。

#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-1-4 溫度(主要可能原因)

★動機：在實驗室飼養觀察時，發現夏天太陽直接曝曬飼養箱時，或在冬季寒流來時，部分飼養在盒子內的近緣皺蟹會有死亡的狀況，難道牠們的挖沙是為了躲避夏季的曝曬與冬季的寒風？

△實驗假設：近緣皺蟹的挖沙是為了躲避夏季的曝曬與冬季的寒風。

☆方法：設置六種近緣皺蟹可能躲藏區域環境—「石上」、「石洞」、「石下」、「石下沙內」、「沙上」及「沙內」，先量測原來溫度，再用加熱燈和吹風機加熱，等岩石表面溫度達到50度時(夏天時所量測到野外岩石的最高溫度)，再測量各區域的溫度。



◎以加熱燈加熱岩石與沙子



◎測量岩石與沙上溫度



◎測量石洞內溫度



◎測量石下沙上溫度



◎測量沙裡溫度(深度2-3公分處)

◇結果：

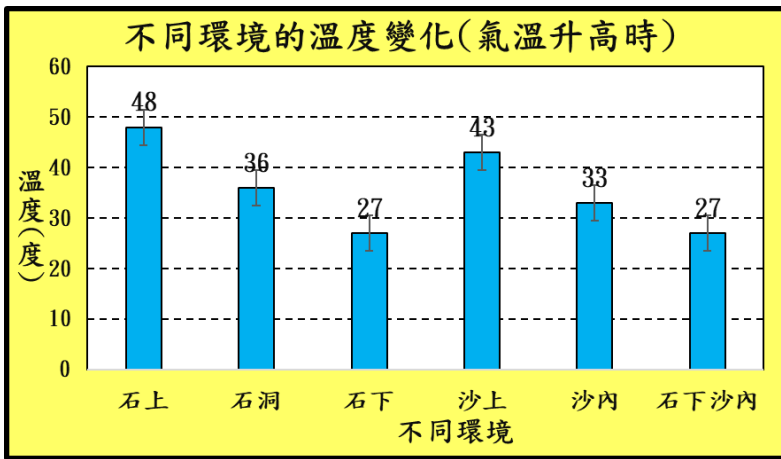


圖4-1：不同環境的溫度變化(氣溫升高時)

◆討論：

1. 近緣皺蟹挖沙可能是為了避暑嗎？夏天潮間帶岩石溫度可以高達50-60度，是否近緣皺蟹挖沙就是為了不要被熱死呢？我們將幾個近緣皺蟹退潮可以停留的環境加熱，發現這些環境的表面溫度差異非常大，當岩石表面48度時，沙上也將近43度，石洞內或沙內分別在36跟33度，只有石下跟石下沙內仍維持在27度(圖4-1)，由此可見，夏季中午退潮時，如果沒有進到海裡，那石下跟石下沙內是相對涼爽的，近緣皺蟹所處的石下沙內還兼具了不被石頭壓傷的優點(沙子提供很好的緩衝)，甚至在冬天也可以保有相對空氣來得溫暖的溫度，看起來挖沙對牠們躲避酷熱與嚴寒的氣溫，的確起到很好的效果，但這會是牠們挖沙的主因嗎？實驗室飼養的個體，夏季並沒有特別高溫，冬季也有提供加熱器，但只要有沙子，牠們還是挖進去，因此挖沙確實提供了穩定溫度的功用，也可能是挖沙原因之一，但應該還有其它挖沙主因。

四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-2-1 找水(其它可能原因?)

★動機：近緣皺蟹是需要海水的生物，當海水退了，牠們會不會為了找水而往下挖呢，而挖沙是否就是為了找水呢？

△實驗假設：近緣皺蟹挖沙是為了找水。

☆方法：1. 利用透明且有刻度的玻璃瓶裝沙，未能順利讓沙內水位下降，將大吸管打洞後，再黏附在玻璃瓶內，接著讓沙子淹水，並放入近緣皺蟹開始挖沙，等到螃蟹停止挖沙，記錄其在玻璃瓶的刻度，利用滴管在吸管内抽出海水，使沙內的水位下降(約2公分)，觀察螃蟹是否繼續挖沙(因為此時螃蟹已沒有淹到水)，5分鐘後重複再下降2大格。(共5隻)



◎將挖洞吸管固定在瓶內    ◎利用滴管在吸管内抽水    ◎測試水位下降狀況

2. 利用退潮時，實際到潮間帶測量近緣皺蟹在沙內的”洞穴深度”及洞穴下”水位深度”，翻石頭找到螃蟹後，將螃蟹輕輕取出，利用竹籤測量洞穴底與沙子水平面間的深度，再將

沙子挖深，當挖到水時，測量水面與沙面間的深度。(50隻)



◎在近緣皺蟹棲息區翻石頭

◎石頭下可見到沙內的近緣皺蟹

◎利用竹籤測量洞穴深度



◎量出竹籤在洞內長度

◎再用竹籤挖深找到沙下水位

◇結果：

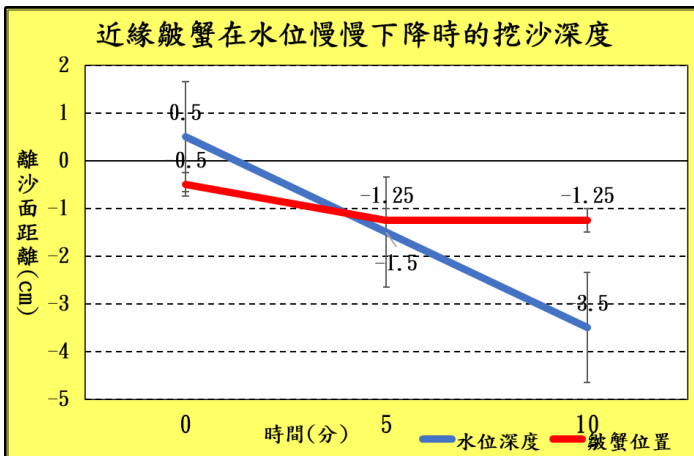


圖4-2-1-1：近緣皺蟹在水位慢慢下降時的挖沙深度

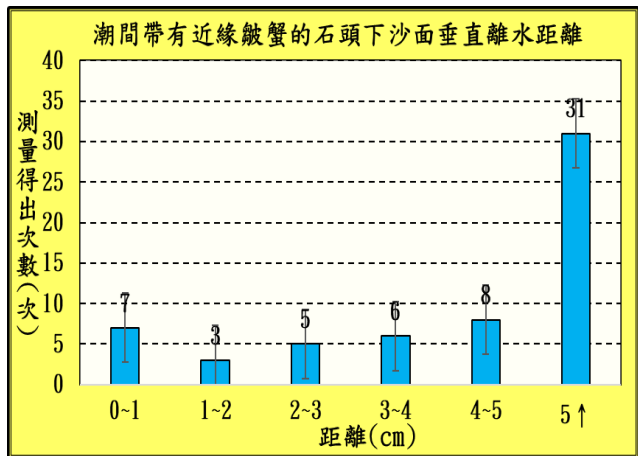
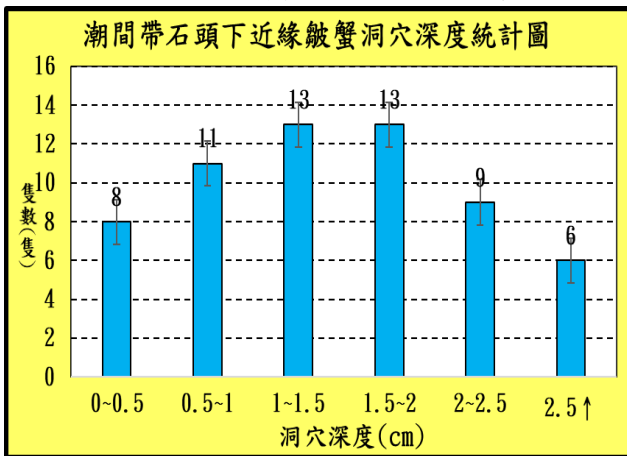


圖4-2-1-2：潮間帶石頭下近緣皺蟹洞穴深度統計圖

圖4-2-1-3：潮間帶有近緣皺蟹的石頭下沙面垂直離水距離

◆討論：

1. 近緣皺蟹挖沙有可能是為了進去找水呢？海水退去時，沙、石表面都乾了，以鰓呼吸的

近緣皺蟹有沒有可能為了海水而往下挖沙呢？在我們慢慢降低水位，觀察近緣皺蟹挖沙深度實驗中，可以很明顯看出，在淹水時，牠們便會有挖沙行為，當水位低於沙內近緣皺蟹時，近緣皺蟹會再挖一些，但當水位繼續下降時，近緣皺蟹則停在原處，並沒有跟著往下挖掘(圖4-2-1-1)，也就是說，牠們並沒有因為水位持續下降，就為了找水而持續的往下挖，大部分是停在離沙面1-2公分深處。

2. 在野外的實際狀況是如何呢？在我們測量的數據中發現，近緣皺蟹在石下挖出的洞穴，深度主要集中在1-2公分深，很少超過2.5公分(圖4-2-1-2)，而這些洞穴從沙面到水面的垂直距離，雖然大部分都超過5公分深，但也有1-3公分的，也就是洞的底部已經快接觸到水面(當洞的深度在2公分左右時)，但牠們仍停在原處沒有往下挖去找水(圖4-2-1-3)，可見得近緣皺蟹的挖沙與找水並沒有直接關聯性，靜置在石下淺淺沙內等待海水漲上來，應該是牠們面對退潮無水狀況的主要方式。

#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-2-2食物(其它可能原因?)

★動機：網路上有些資料(台灣生命大百科)提到某些皺蟹會以藻類及細小有機質為食，那牠們是不是為了獲取更多食物而挖沙呢？

△實驗假設：近緣皺蟹挖沙是為了找食物。

☆方法：1. 為了解近緣皺蟹挖沙是否是為了獲取沙內養分，利用透明盒讓近緣皺蟹在邊緣挖沙後，24小時錄影記錄，並觀察是否有攝食行為出現。

2. 將飼養的幼蟹(20隻)另外抽出一些進行天然海沙環境飼養(4隻)、一些進行天然藻類石頭飼養，長期觀察牠們蛻殼頻率是否有因攝取沙內養分而增加。

3. 為更確認近緣皺蟹的挖沙，是否真的跟食物有關，我們也同時進行不同食物餵食的飼養除了藻類組(6隻)，天然海沙組(4隻)外，另外也增加蟹肉組(4隻)、飼料組(6隻)，長期記錄牠們蛻殼頻率。



◎餵食藻類的幼蟹

◎有沙環境(沙子組)

◎餵食蟹肉

◎餵食飼料

◇結果：

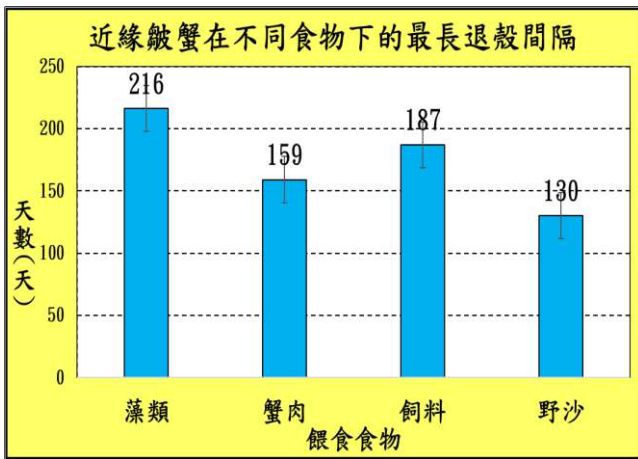


圖4-2-2-1：近緣絨蟹幼蟹在不同食物下最長退殼間隔

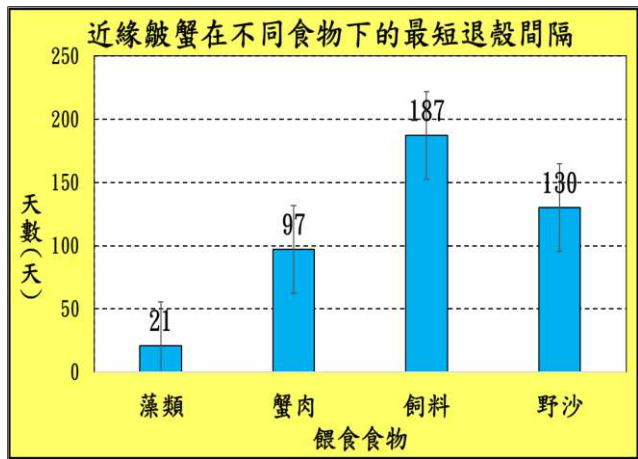


圖4-2-2-2：近緣絨蟹幼蟹在不同食物下最短退殼間隔

◆討論：

1. 近緣絨蟹挖沙有可能是為了進去找食物嗎？也就是有挖沙的是不是可以早一點蛻殼而成長呢？在我們20幾隻幼蟹餵食不同食物飼養的結果發現，近緣絨蟹的蛻殼頻率並不是很固定，蛻殼間隔可以從幾個星期到超過半年，就算是同種食物，蛻殼期間也有216天和21天的差異(圖4-2-2-1和圖4-2-2-2)。住在沙內的4隻幼蟹已經130天沒有蛻殼，反觀餵食天然岩石藻類(最短21天)、蟹肉(最短97天)的，都可以在100天內蛻殼(圖4-2-2-2)，加上我們並沒有觀察到，挖到沙內的近緣絨蟹有在沙內移動、找食物的行為，顯然牠們的挖沙並不是為了找食物。

四、近緣絨蟹的挖沙原因：實驗4-2-3 繁殖(其它可能原因?)

★動機：有些生物繁殖期時會公母聚在同一區域以利找到配偶(如青蛙)，潮間帶海浪來來去去，如果近緣絨蟹要繁殖交配，是否也要到特定區域呢？挖沙躲到石頭下有沒有可能是牠們容易找到配偶的繁殖策略呢？

△實驗假設：近緣絨蟹挖沙是為了容易找到配偶的繁殖策略。

☆方法：1.整合實驗1-2(棲息區域與離海遠近)及實驗1-4(繁殖)的野外調查數據，我們將每次穿越線調查的數據都列上去，分析是否繁殖季前，公蟹母蟹會有往挖沙區域聚集的現象。

◇結果：

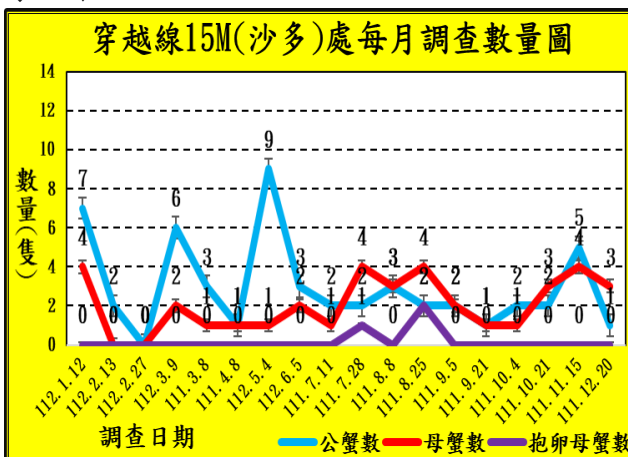


圖4-2-3-1：近緣絨蟹在穿越線15公尺每月數量變化圖

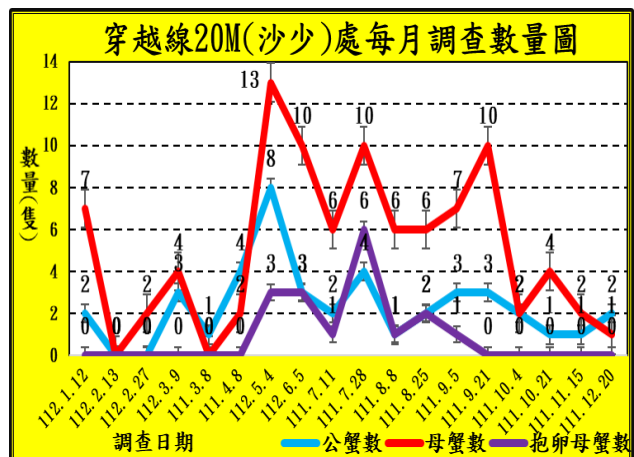


圖4-2-3-2：近緣絨蟹在穿越線20公尺每月數量變化圖

◆討論：

1. 近緣皺蟹挖沙有可能是為了進去找配偶繁殖嗎？在實驗1-2(棲息區域與離海遠近)及實驗1-4(繁殖)的調查數據中，確實可以發現繁殖季時(四~九月)，穿越線15-20公尺區域的數量有明顯增加(圖1-2-1)，但是否公蟹會在抱卵期前往15公尺(沙多)處聚集去找母蟹呢？在15公尺的結果圖中，雖然3月、5月都有公蟹數量增加的情況(圖4-2-3-1)，但同時在20公尺處，公蟹的數量在這兩次調查也是較多(圖4-2-3-1)，似乎比較像是調查當天剛好有較多的公蟹在調查區域，不太像是抱卵期前的聚集找配偶(因為2月、4月的公蟹數量並沒有增多)，再加上15公尺“1月”也有公蟹數量多的情況，看起來並不是為了尋找配偶而到有沙區域挖沙。
2. 即便沒有直接、明確關聯性，不過潮間帶有沙有石頭又接近低潮帶的區域並不大，近緣皺蟹棲息在這區域，當有淹水時，牠們可以爬出沙子，這時很容易便能碰到彼此，間接的也有助於找到配偶。

## 肆、結論

- 一、近緣皺蟹主要棲息在潮間帶有沙有石頭區域，雖然一整年都可見到，但繁殖季的四到九月，數量有明顯增加，且此時抱卵母蟹會短暫離開有沙有石頭區域，往海方向移動。
- 二、近緣皺蟹挖沙與出沙都必須在淹水情況，因此退潮躲在沙內的近緣皺蟹，都是在漲潮淹水情況就挖進去，要出來也是漲潮水淹了才會出來，但即便漲潮淹水，多數時間還是會挖入沙內。
- 三、近緣皺蟹挖沙的方式，會先背靠石頭傾斜身體，再利用1~3對步足挖沙，螯推沙，第4對步足擋沙，且不論是幼蟹、公蟹、母蟹或抱卵母蟹，挖沙方式都相同。
- 四、近緣皺蟹挖沙進到石頭下，有幾個重要原因，包含防浪、遮光、躲避天敵、避暑以及退潮時仍可以保有些許水分。

## 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、施習德。2012。鐵甲武士/東沙島海濱蟹類。海洋國家公園管理處。
- 五、李榮祥。2008。台灣賞蟹情報。遠見天下文化出版股份有限公司。
- 六、鄭海清·王美鳳。2002。和螃蟹做朋友。人人出版股份有限公司
- 七、Mendoza JC. (2013). On the identity of the Indo-West Pacific littoral xanthid crab, *Leptodius exaratus*. *Raffles Bulletin of Zoology*, Feb 28, 2013.
- 八、Faulkes Z., & Paul. DH.(1997). Digging in sand crabs (Decapoda, Anomura, Hippoidea): Interlegcoordination. *The Journal of Experimental Biology* 200, 793–805 (1997) .
- 九、Faulkes Z.(2006). The Locomotor Toolbox of the Spanner Crab, *Ranina ranina* (Brachyura, Raninidae). *Crustaceana*. Vol. 79, No. 2 (Feb., 2006), pp. 143-155 (13 pages)
- 十、Trueman, E. R. (1970). The Mechanism of Burrowing of the Mole Crab, *Emerita*. *J Exp Biol* (1970) 53 (3): 701 – 710.

## 【評語】 080307

本研究的目的是在於探討近緣皺蟹的潮間帶生態環境與挖沙行為，主要想了解近緣皺蟹的基本生物特性和生態環境，並專注於其挖沙行為，包括在不同環境下的行為模式和可能的原因。各個研究面相都有提出實驗假設，也有適切的實驗設計，值得鼓勵，展示及口語表達佳。

建議：

1. 在實驗 4-1-1 中，驗證近緣皺蟹躲避浪的衝擊應該是牠們挖沙的重要原因之一，不清楚石下挖沙的位置與海浪沖擊方向是否有關？
2. 建議實驗室模式進行近距離觀察並模擬室外進行比對。
3. 週期性的推論需要更多實際紀錄和觀察證實。

# 作品海報



# 摘要

近緣皺蟹 *Leptodius affinis* 是一種小型的潮間帶螃蟹，主要棲息在有沙且上面有石塊的區域，以蛻殼成長，夏季蛻殼較頻繁，繁殖季在4-9月，具有固定的挖沙模式，會先在沙上爬行，碰到石頭，便背靠石頭，利用步足來回挖掘，並利用螯推開沙子，使自己沿著石頭下緣進到沙內。但牠們並非隨時都能進行挖沙，當沙子沒有淹水時，頂多僅能半個身體進去，也就是說退潮時在沙內的近緣皺蟹應該都是有淹水時就已經進去，等潮水再漲上來時，才可能爬出來活動。那為什麼要挖沙且又讓自己被石頭壓著呢？我們發現有幾個重要原因：1. 受海浪影響小；2. 環境溫度穩定；3. 可躲避天敵及彼此間相殘；4. 可遮光；5. 退潮時，沙內不但保有較多水分，且正好可以緩衝石頭的重量。

## 壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)

一、研究動機：近緣皺蟹是一種棲息在偏中潮帶沙石底下的小型螃蟹，退潮時，在潮間帶某些區域，翻動石頭時，牠們就在石頭下的沙內，有些還會在沙內挖出小洞，但又不是每個區域都有，有些只有沙的區域找不到，有些只有石頭區域也沒有，甚至有沙有石頭也不一定，牠們到底生活在怎樣的環境？為什麼要在石頭下呢？又為什麼要挖沙？挖多深？在甚麼情況下挖？怎麼挖？為了徹底解開這些謎團，因此我們展開一連串近緣皺蟹的挖沙研究。

二、研究目的：(一) 想認識近緣皺蟹的基礎生物特性與生態環境；(二) 想了解近緣皺蟹的挖沙方式；(三) 想知道近緣皺蟹在不同環境下的挖沙行為；(四) 想知道近緣皺蟹挖沙的可能原因。

### 三、文獻回顧：

國內關於螃蟹的書籍中，雖然有些提到關於皺蟹屬螃蟹的外觀、分布區域與棲息環境，但卻非常少提到近緣皺蟹 (*Leptodius affinis*) 這個物種，相近種類如肉球皺蟹 (*Leptodius sanguineus*)、細巧皺蟹 (*Leptodius gracilis*) 也僅有做部分介紹(陳育賢, 2001; 鄭海清等, 2002; 李榮祥, 2008; 施志昫等, 2010; 施習德, 2012; 廖運志等, 2015)，但對於皺蟹挖沙的部分，則很少提及，國內碩博士論文，也沒有針對近緣皺蟹挖沙行為進行研究與探討。

國外文獻部分，有提到皺蟹屬的物種外觀變化大，且相似度高，分類上並不容易(Mendoza JC, 2013.)，像是近緣皺蟹 (*Leptodius affinis*) 與火紅皺蟹 (*Leptodius exaratus*) 常常會有分類上的混淆，早期文獻提到近緣皺蟹分布區域在印度洋西海岸及太平洋東海岸(台灣東北角也在此範圍內)，而火紅皺蟹則僅侷限在印度洋西海岸，由此看來，台灣海域所命名“火紅皺蟹”的物種，可能應該都是近緣皺蟹，也就是我們研究的主題生物。

另外，針對挖沙行為，雖然沒有找到關於皺蟹屬挖沙行為的研究，不過從幾篇其他科別螃蟹的挖沙行為可以發現，各類螃蟹挖沙行為都極為相似，如沙蟹類中分屬不同科的三個物種(Faulkes Z, 1997)、蛙蟹科的真蛙蟹 (*Ranina ranina*) (Faulkes Z, 2006)、甚至鼠蟬蟹科(*Emerita*) 的種類(Trueman, E. R. 1970) 都會利用第1-3對步足來挖掘，第4對步足則沒有挖掘動作，這與我們實驗物種近緣皺蟹的挖沙行為幾乎是相同的，唯一較大的差異是：近緣皺蟹會利用“螯的推沙”來幫助自己進入沙內，這在其他文獻則沒有提到過。

## 貳、研究設備及器材

- 一、實驗室飼養(30公分水族箱數組、檯燈、海水儲存大水箱等)
- 二、攝影記錄組(一般攝影機、縮時攝影機、相機)
- 三、篩網(直徑1、2、5mm)
- 四、幼蟹蛻殼實驗(飼養箱\*20)
- 五、野外穿越線調查(方框、透明碟子、皮尺)
- 六、3D列印孔洞板
- 七、挖沙行為實驗(方形盒、海邊細沙、粗吸管、滴管)
- 八、加熱裝置(飼養箱暖爐、實驗用加熱燈、加熱墊)
- 九、海浪衝擊實驗組(120公分長大魚缸、水桶、天然岩石)
- 十、光線實驗組(可遮光與透明盒子、透明3D線材、完全遮光的大紙箱)

## 參、研究過程、方法、研究結果及討論

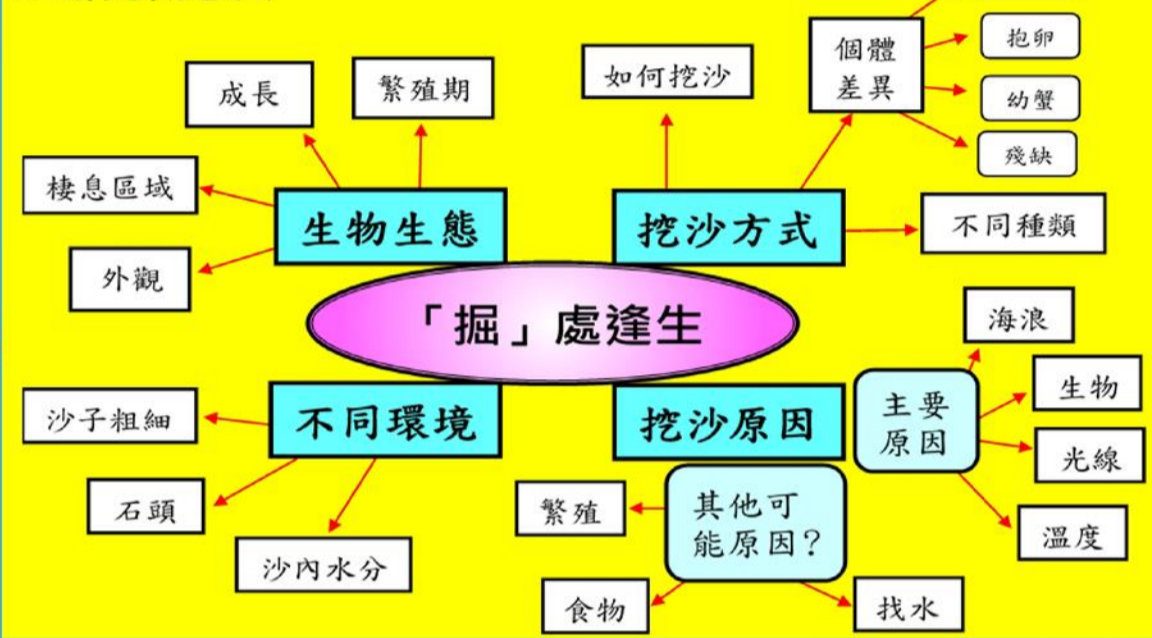
### 一、近緣皺蟹的生物生態：實驗1-1 外觀特徵及挖沙構造



公蟹--腹面

母蟹--腹面

### ★ 研究概念圖

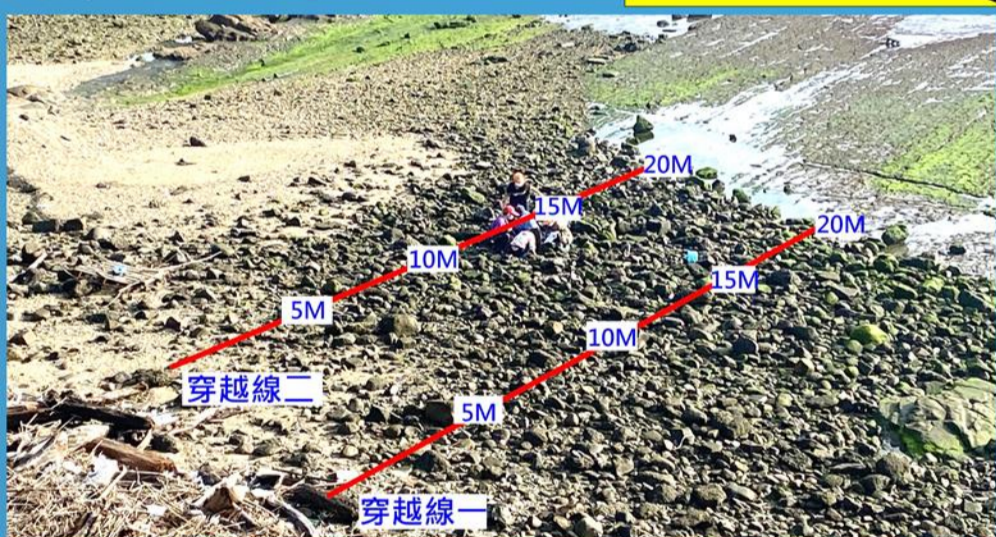


※近緣皺蟹跟挖沙比較有關的構造有：尖而短的步足、寬且有匙狀指節的雙螯、小而成五邊形的體殼

### 一、近緣皺蟹的生物生態：

#### 實驗1-2 棲息區域與離海遠近

△實驗假設：近緣皺蟹會隨著季節而改變棲息區域



※從我們一整年的調查可知，雖然近緣皺蟹在二月寒流來時(溫度太低)，及母蟹在繁殖季(四-九月)時(為了繁衍後代)，牠們可能離開有沙有石頭的區域，往海的方向移動，但扣除這些時間，其實牠們主要都是棲息在有沙有石頭且離海不會太遠的區域。

### 一、近緣皺蟹的生物生態：實驗1-3 成長△實驗假設：近緣皺蟹會利用蛻殼成長。



分缸飼養幼蟹(一隻一缸)

測量殼寬

測量殼長

※近緣皺蟹的確是透過蛻殼的方式成長，當沒有蛻殼時，殼並不會變大，且夏天會長得快一些，到了冬天，成長會較緩慢。

### 一、近緣皺蟹的生物生態：實驗1-4 繁殖△實驗假設：近緣皺蟹有固定的繁殖季。



約1天 卵深紅色

約4天 卵深紅色

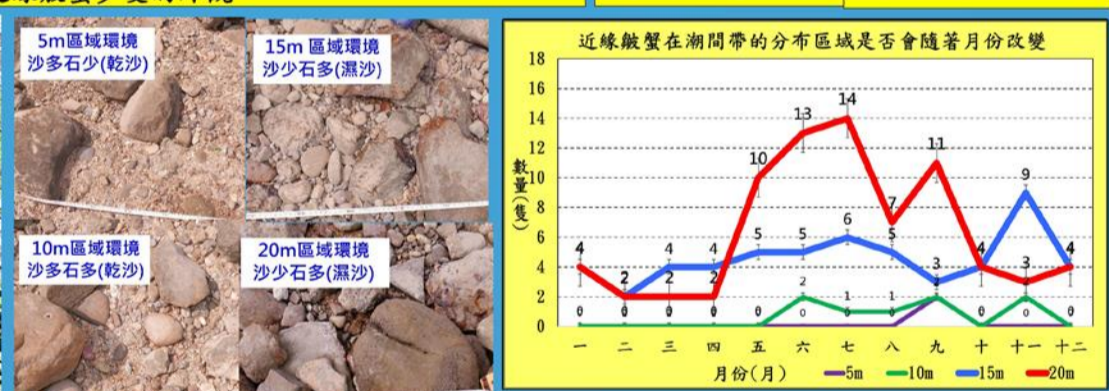
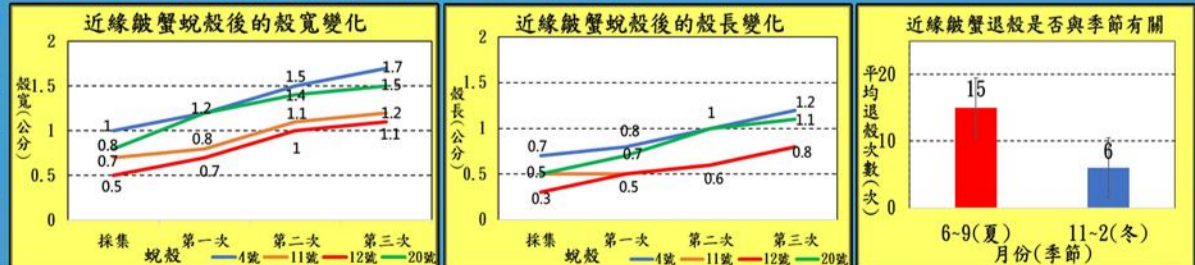
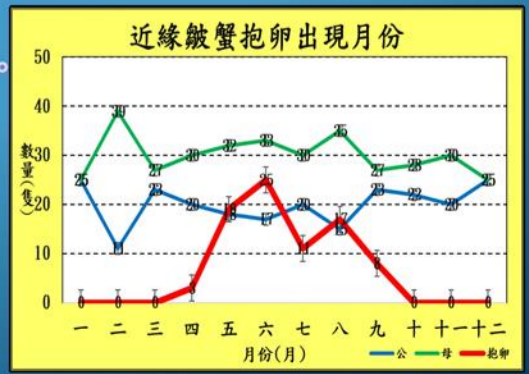
約8天 卵顏色變淡

約9天 可見成形胚胎

約10天 已全孵化

剛孵化後 蚤狀幼體

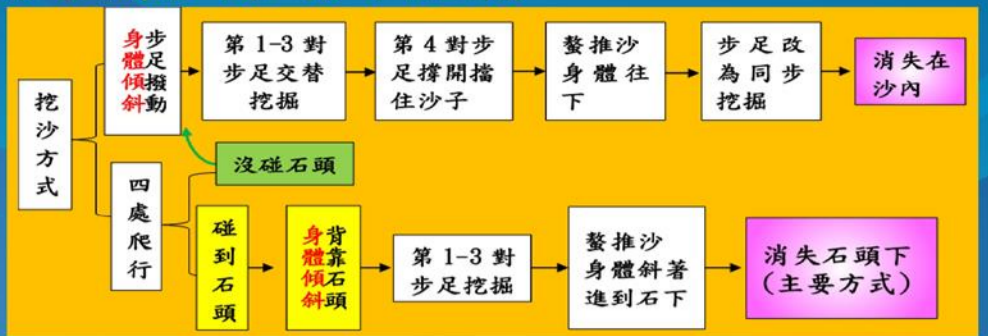
※近緣皺蟹抱卵期間落在4-9月(如右圖)，特別是5-6月，超過一半的母蟹都是抱卵狀況，到了10月一直到隔年3月，母蟹都沒有抱卵跡象。



## 二、近緣皺蟹的挖沙方式：實驗2-1 如何挖沙(只有沙子)(沙子+石頭)



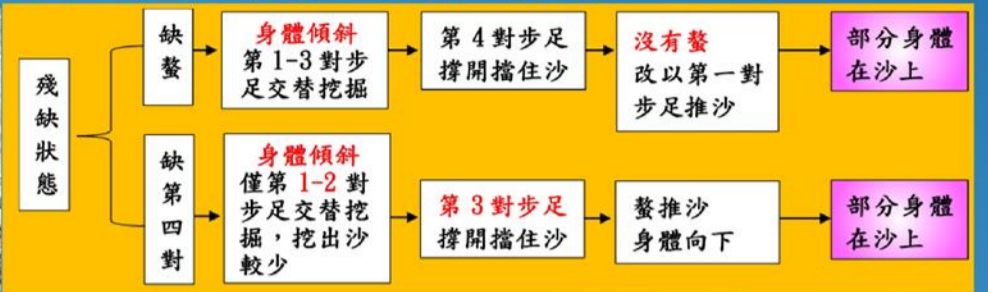
※在有石頭情況下，會傾斜身體背靠著石頭來挖沙，1-3對步足撥動沙子，螯把上升的沙子推開，第4對步足會擋住向下掉的沙子，讓自己慢慢整個潛入沙內。



## 二、近緣皺蟹的挖沙方式：實驗2-2 個別差異--公母、抱卵、幼蟹、殘缺



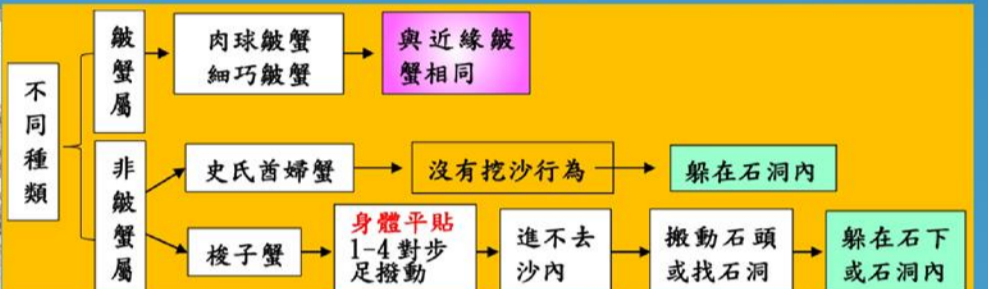
※近緣皺蟹從幼蟹便有挖沙的行為，而且不論公母、抱卵與否，甚至有殘缺的個體，也都有類似的挖沙行為，但只要殘缺，挖沙效能都會明顯減弱。



## 二、近緣皺蟹的挖沙方式：實驗2-3 不同種類 △實驗假設:同區域種類也會有類似的挖沙行為及方式



※棲息區域部分重疊的幾種螃蟹，同為皺蟹屬的挖沙方式幾乎與近緣皺蟹相同，至於不同屬的梭子蟹雖然會有步足撥沙行為，但僅能鑽入石頭下或石洞內(應該與他們沒有傾斜身體有關)，而史氏酋婦蟹則無撥沙、挖沙行為。

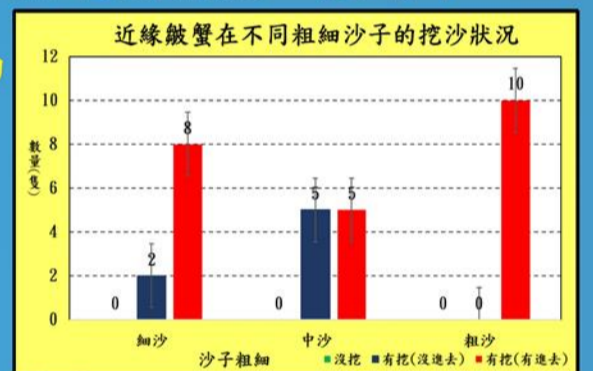


## 三、近緣皺蟹在不同環境條件下的挖沙行為：實驗3-1 沙的粗細

△實驗假設:不同粗細的沙子會影響近緣皺蟹的挖沙。

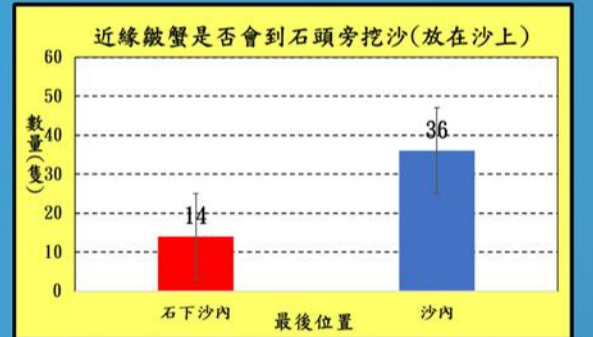
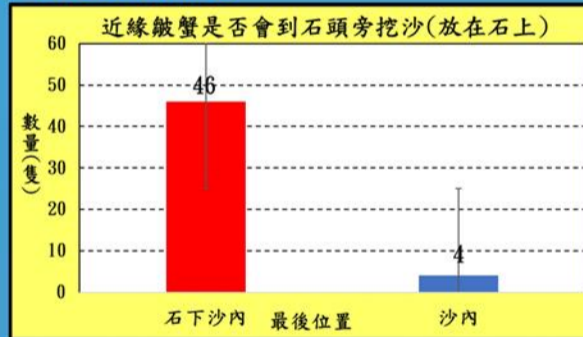


※不管在哪一種粗細的沙上，都會挖沙，但是可能在挖沙速度與困難度上會有些差異，野外表面大多是不同大小的粗沙，因此對牠們而言，當海水來時，是很容易往下挖掘的，但粗沙下面就是中沙，這就增加牠們繼續挖掘的困難度，或許也是近緣皺蟹挖沙並不會太深的原因之一，即使想挖深也不容易。



## 三、近緣皺蟹在不同環境條件下的挖沙行為：實驗3-2 找石頭挖沙

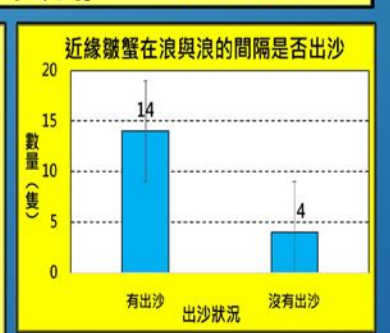
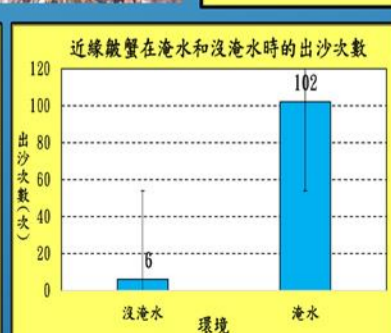
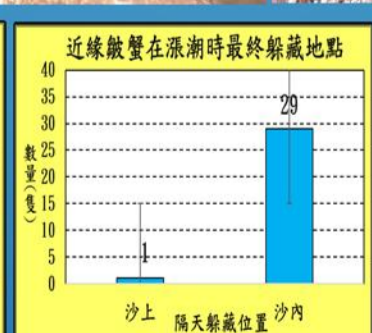
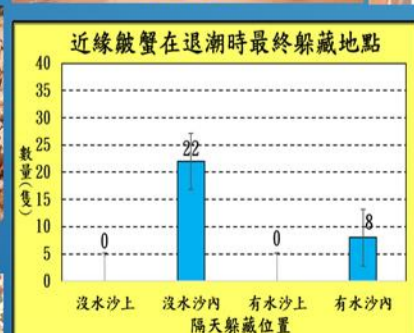
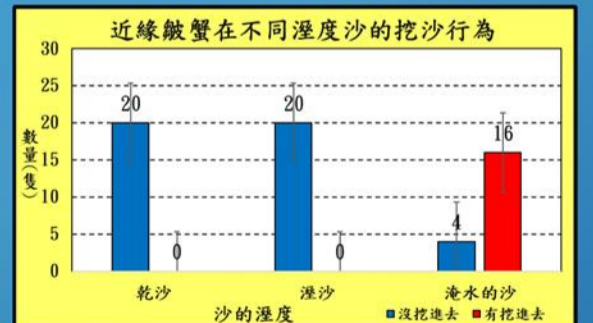
△實驗假設:近緣皺蟹會找到石頭後再挖沙。



※將近緣皺蟹放在石頭上，大多數都會沿著石頭底下往下挖，但如果放在石頭旁的沙上時，去找石頭再挖沙的數量並不多，由此可見牠們不會刻意去找石頭，不過牠們棲息的區域石塊密度高，因此可以很容易就碰到石頭，接著便沿著石頭邊緣往下挖沙，這也是為什麼退潮時，幾乎所有的近緣皺蟹都躲藏在石下沙內。

## 三、近緣皺蟹在不同環境條件下的挖沙行為：實驗3-3 沙內水分

△實驗假設:沙內有水、無水會影響近緣皺蟹挖沙。



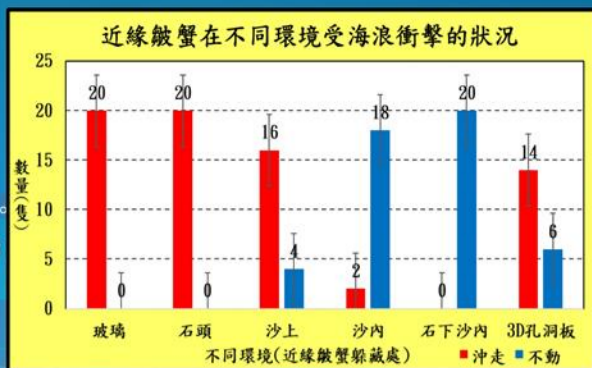
1. 近緣皺蟹只有在淹水的沙可以“完全”挖入沙內，在溼沙和乾沙的環境下都無法完全挖入沙內，也就是說野外的近緣皺蟹在海水還沒有完全退去前，就已經躲在沙內。
2. 近緣皺蟹在有淹水情況下，變可能爬出沙子，在沙上活動或攝食。
3. 即使是有淹水，牠們還是會隨時挖進沙內，或者說是攝食完便會再挖進沙內，並不會等到準備退潮才挖沙躲藏。
4. 在有浪沖擊情況下，沙內的近緣皺蟹，仍會在浪與浪的間隔期間，出沙活動。

#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-1-1 海浪(主要可能原因)

△實驗假設:近緣皺蟹挖沙是為了躲避海浪的衝擊。

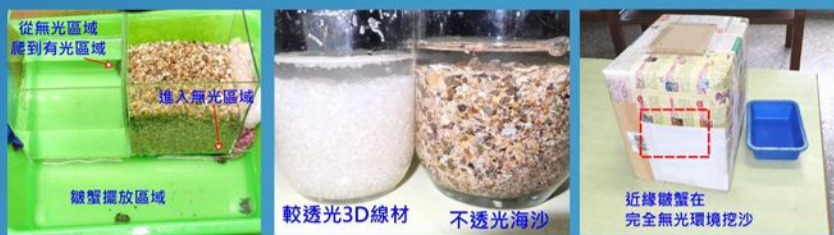


※唯一可以安全不被沖離的是挖到石頭下的沙內，只要石頭不被沖走，近緣皺蟹幾乎可以一直維持在石下沙內。在我們設計的3D孔洞板(模擬多凹洞的岩石)實驗中，超過一半還是被沖走，因此，挖沙進到石頭下面，確實對防浪有很大的效果。

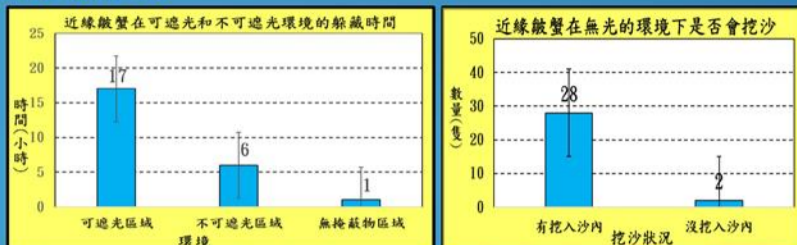


#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-1-2 光線(主要可能原因)

△實驗假設:近緣皺蟹挖沙是為了躲避光線的照射。



※雖然挖沙行為不完全只是為了躲光，但牠們確實比較喜歡沒有光的環境，挖沙也確實可以讓自己處在比較陰暗的環境。

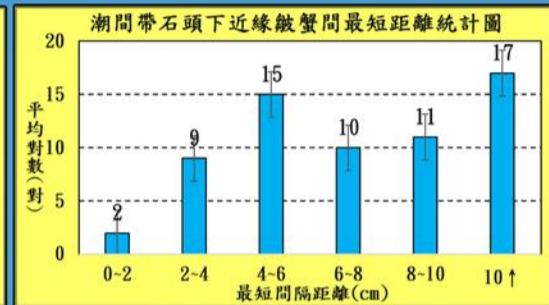
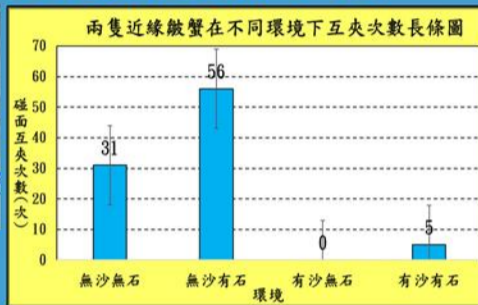


#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-1-3 生物(主要可能原因)

△實驗假設:近緣皺蟹挖沙是為了躲避彼此或其他生物的攻擊。



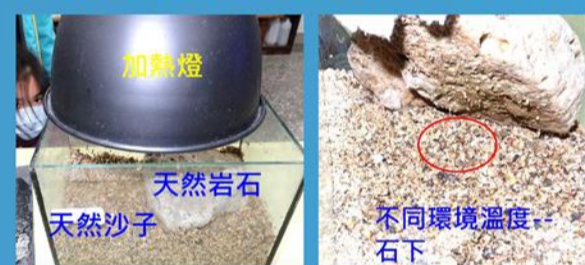
※在沒有沙的環境下，碰面互夾的情形非常明顯，也就是挖沙確實可以讓牠們減少打鬥的機會。



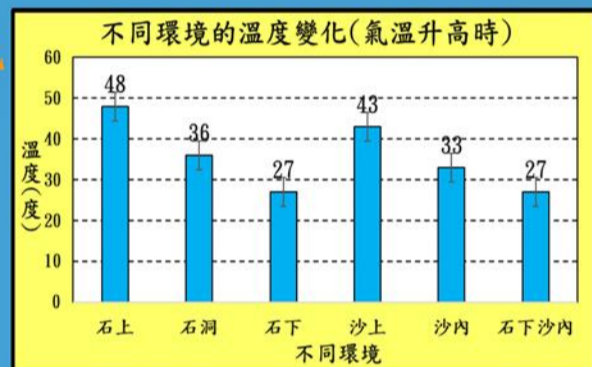
野外自然環境下，挖在沙內，即使距離很近(0-4cm)，也不會產生打鬥，更可以避免較兇猛掠食者的攻擊。

#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-1-4 溫度(主要可能原因)

△實驗假設:近緣皺蟹挖沙是為了躲避夏季的曝曬與冬季的寒風。



※挖沙對近緣皺蟹躲避酷熱與嚴寒的氣溫，的確起到很好的效果，夏天潮間帶岩石溫度可以高達50-60度，但石下跟石下沙內仍維持在27度，對於過熱、過冷都會適應不良的近緣皺蟹來說，挖沙提供了穩定溫度的功用。

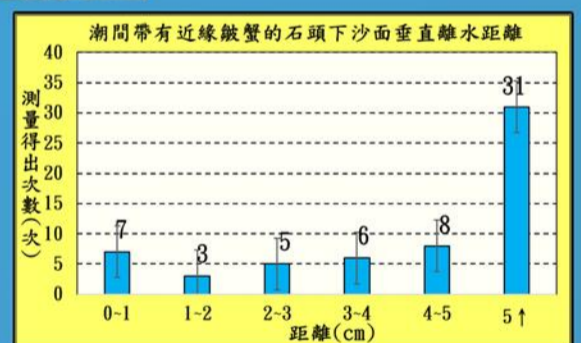
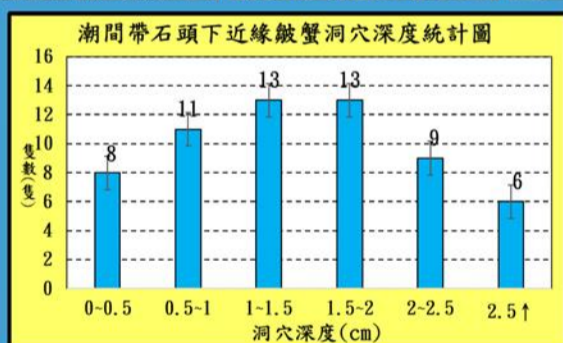
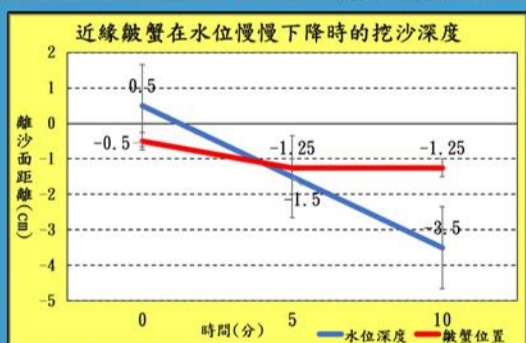


#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-2-1 找水(其它可能原因?)

△實驗假設:近緣皺蟹挖沙是為了找水。

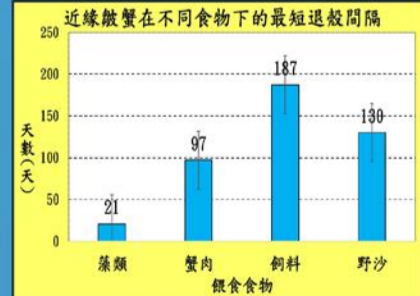
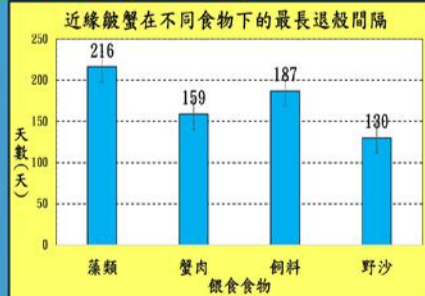


※近緣皺蟹有沒有可能為了海水而往下挖沙呢?當水位下降時，近緣皺蟹並沒有跟著往下挖掘，也就是說，牠們並沒有因為水位持續下降，就為了找水而往下挖。



#### 四、近緣皺蟹的挖沙原因：實驗4-2-2 食物(其它可能原因?)

△實驗假設:近緣皺蟹挖沙是為了找食物。



※近緣皺蟹有挖沙的是不是可以早一點脫殼成長呢?結果發現，牠們的脫殼間隔可以從幾個星期到超過半年，而住在沙內的4隻幼蟹已經100天沒有脫殼，顯然牠們的挖沙並不是為了找食物!

#### 肆、結論：

- 一、近緣皺蟹主要棲息在潮間帶有沙有石頭區域，雖然一整年都可見到，但繁殖季的四到九月，數量明顯增加，且此時抱卵母蟹會短暫離開有沙有石頭區域，往海方向移動。
- 二、近緣皺蟹挖沙與出沙都必須在淹水情況，因此退潮躲在沙內的近緣皺蟹，都是在漲潮淹水情況就挖進去，要出來也是淹水了才會出來，但即便漲潮淹水，多數時間還是會挖入沙內。
- 三、近緣皺蟹挖沙的方式，會先背靠石頭，傾斜身體，再利用1-3對步足挖沙，螯推沙，第4對步足擋沙，且不論是幼蟹、公蟹、母蟹或抱卵母蟹，挖沙方式都相同。
- 四、近緣皺蟹挖沙進到石頭下，有幾個重要原因，包含防浪、遮光、躲避天敵、避暑以及退潮時仍可以保有許些水分。

#### 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. 潮沙的呼喚，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、賴志成。2010. 澎湖潮間帶無脊椎動物圖鑑。澎湖縣政府文化局。
- 四、施習德。2012. 鐵甲武士/東沙島海濱蟹類。海洋國家公園管理處。
- 五、李榮祥。2008. 台灣蟹類情報。遠見天下文化出版股份有限公司。
- 六、鄭海清、王美鳳。2002. 和螃蟹做朋友。人人出版股份有限公司。
- 七、Mendoza JC. (2013). On the identity of the Indo-West Pacific littoral xanthid crab, *Leptodius exaratus*. Raffles Bulletin of Zoology, Feb 28, 2013.
- 八、Faulkes Z., & Paul, D.H. (1997). Digging in sand crabs (Decapoda, Anomura, Hippidae). Interlegcoordination. The Journal of Experimental Biology 200, 793-805 (1997).
- 九、Faulkes Z. (2006). The Locomotor Toolbox of the Spanner Crab, *Ranina ranina* (Brachyura, Raninidae). Crustaceana. Vol. 79, No. 2 (Feb., 2006), pp. 143-155 (13 pages).
- 十、Trueman, E. R. (1970). The Mechanism of Burrowing of the Mole Crab, *Emerita*. J Exp Biol (1970) 53 (3): 701-710.