

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

第三名

080303

疊「螺」「旱」—潮間帶顆粒玉黍螺

Echinolittorina malaccana 之觀察與行為探討

學校名稱：基隆市中正區八斗國民小學

作者： 小六 林佳穎 小六 鄭庭萱 小六 陳允熙	指導老師： 陳昇祿 林育任
---	-----------------------------

關鍵詞：顆粒玉黍螺、站立、潮間帶

摘要

為瞭解顆粒玉黍螺 *Echinolittorina malaccana* 的站立與堆疊，是否真如國外文獻提到，是為了因應夏季炎熱天氣而產生的熱調節策略，我們利用一年半時間進行調查、實驗、探討與分析。

針對顆粒玉黍螺爬行行為，在實驗室，我們發現牠們在靜止水中會有往上爬找隙縫躲藏特性，而人工造浪模擬野外漲退潮的實驗，則發現牠們的主要活動時間會在淹水時，也就是漲潮水淹滿，或是水退時還留有的小水灘。在野外，則利用縮時攝影記錄，牠們分別在面臨乾燥及海水來臨時的行為模式，結果是一致的。

在站立與堆疊的實驗，我們發現溫度似乎只是其中一項條件，但並非絕對，潮汐水位變化、岩石隙縫密度及傾斜狀況等都關係到是否會站立、堆疊，最根本的原因是來不來得及縮進石縫。

壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)

礁岩潮間帶海浪不斷沖刷，環境其實並不舒適，即便如此，這裡仍居住著形形色色的生物，有些甚至不是住在潮池內，在高潮帶岩石上，蹲下來仔細觀察，可以發現岩石縫隙內聚集了成千上萬的小螺類，聚集在一起好像沒甚麼特別，但夏天天氣熱時，牠們竟然是”站立”在岩石上，甚至還有疊在一起的，像是在疊羅漢，從圖鑑上可以知道這類小螺是玉黍螺類(海岸生物 二、一個潮池的秘密)，但我們繼續找了幾本螺類的書，對於玉黍螺都只是簡單介紹(棲息在高潮帶、會聚集在石縫內...)，一些國內的網站、博物館也很少(幾乎沒有)對牠們的站立行為進行研究與探討！

我們利用英文學名在網站上搜尋，在英國牛津大學出版社找到幾篇關於玉黍螺站立與堆疊的報告，有一篇提到牠們站立是因為岩石溫度比螺殼表面溫度高，所以牠們為了減少熱造成的壓力，便立起來，只用殼口邊緣的一個點固著在岩石上(LIM S.S. 2008.)，也有一篇提到玉黍螺堆疊應該跟熱調節有關(Laurent 2016.)，即便已經有國外文獻的報告，但真的是這樣嗎？我們很好奇的地方是，在潮間帶岩石上立起來甚至幾隻堆疊直立，是很不安全的，強風帶著砂石，一碰就倒了，海浪來了也會把牠們沖走，”石縫內”不是更安全又可以保持水份的好處所嗎？因此，我們大膽提出假說，玉黍螺”站立”與”堆疊”並不是主動的適應行為，有沒有可能是被迫的呢？

我們對玉黍螺幾乎是一無所知，幾次觀察下來，發現數量最多的是顆粒玉黍螺，因此我們決定針對這個種類，進行各項觀察、實驗與探討，以下是我們的研究目的：

一、想知道顆粒玉黍螺的外觀、棲息環境，包含：

1. 是否隨季節更換棲息位置？ 2. 找水？還是離水？ 3. 是否都回相同位置？

二、想知道顆粒玉黍螺的移動行為，包含：

1. 在靜水中的移動狀況？ 2. 有浪時的移動？ 3. 雨水的影響？ 4. 野外實際移動狀況？

三、想知道顆粒玉黍螺的站立與堆疊，包含：

1. 站立、堆疊是否有季節性？ 2. 為什麼會站立？ 3. 為什麼會堆疊？

※另外，值得一提的是，國內很多圖鑑跟網站介紹顆粒玉黍螺時，都是以 *Nodilittorina*

pyramidalis (Quoy & Gaimard, 1833)為學名，但我們在牛津大學出版社、新加坡網站查詢到的顆粒玉黍螺卻是以 *Echinolittorina malaccana*(Philippi, 1847)為學名，不管是外觀描述或棲息特性，兩者都非常相似，我們詢問了嘉義大學專門研究螺類的邱郁文副教授，得知國內過去以型態鑑定，而以 *Nodilittorina pyramidalis* 來為台灣物種命名，雖相似，但並非同一物種，屬於分類錯誤鑑定，台灣物種應該是 *Echinolittorina malaccana*。這對於一般民眾而言非常容易混淆，應該還是要統一更正，畢竟學名是世界通用的名稱。

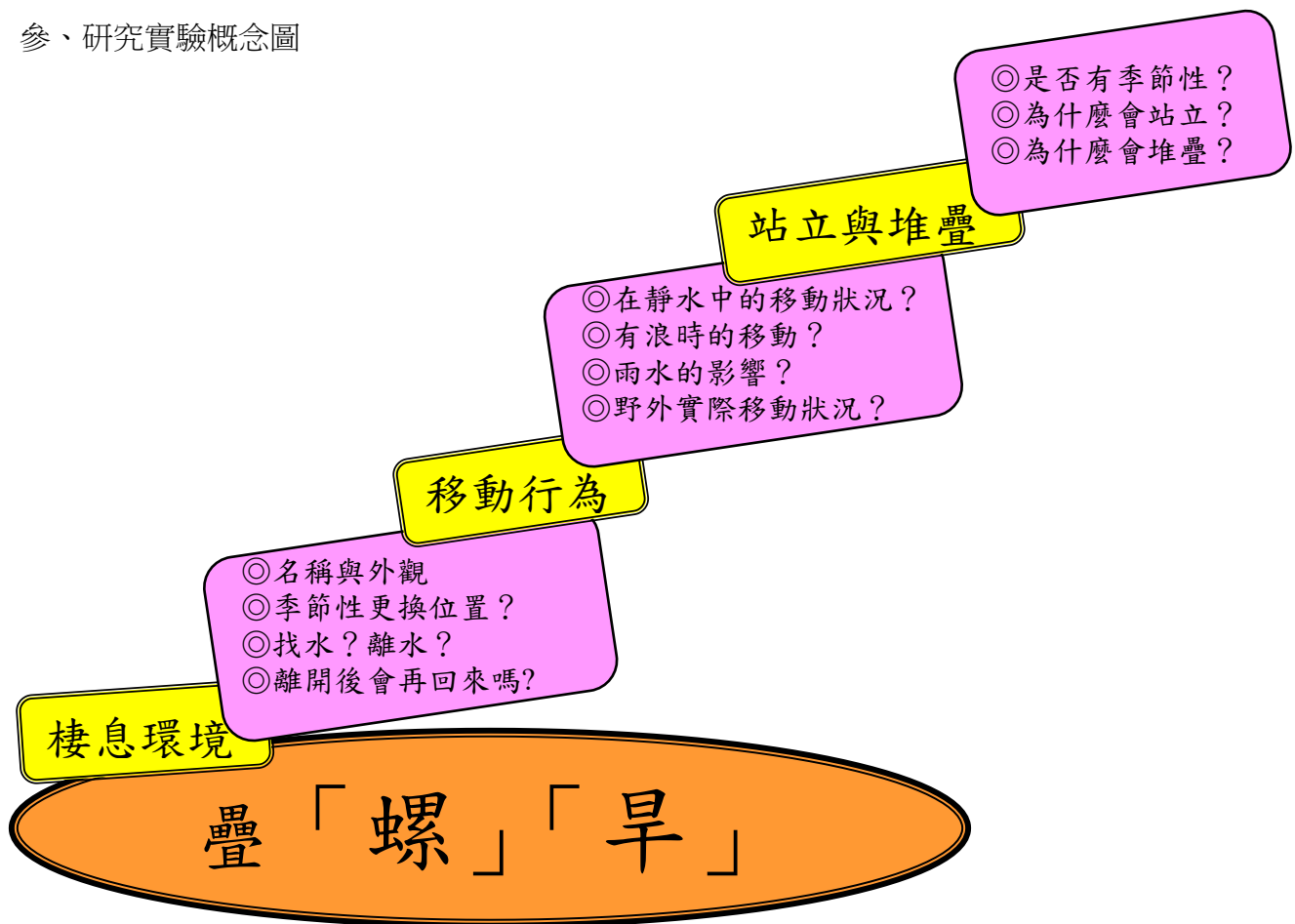


Echinolittorina malaccana (Philippi, 1847) *Nodilittorina pyramidalis* (Quoy & Gaimard, 1833)

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、野外標識(顏料、細毛筆)
- 四、野外站立與堆疊調查(方框、溫度槍)
- 五、野外遇水與乾燥實驗(縮時攝影機、水瓶)
- 六、玉黍螺行為實驗(120公分魚缸、水瓢、計時器、攝影機、夜間照明)
- 七、堆疊與站立實驗(加熱燈、加熱墊、石板、吹風機、溫度槍、天然岩石)

參、研究實驗概念圖



肆、研究過程、方法、研究結果及討論

研究一-1、顆粒玉黍螺基本外觀。

(一) 方法：1. 野外踏查、記錄--拍照後，回實驗室透過圖片、圖鑑比對(海岸生物二 2001)。

(二) 結果：1. 顆粒玉黍螺個體小於1公分，螺殼呈長圓錐形(水滴形)，殼上有”兩列”粗顆粒，殼表灰褐或灰黑色，顆粒顏色較淡，具有一角質口蓋。



◎顆粒玉黍螺背面構造 ◎顆粒玉黍螺腹面構造 ◎退潮時，顆粒玉黍螺常聚集在一起

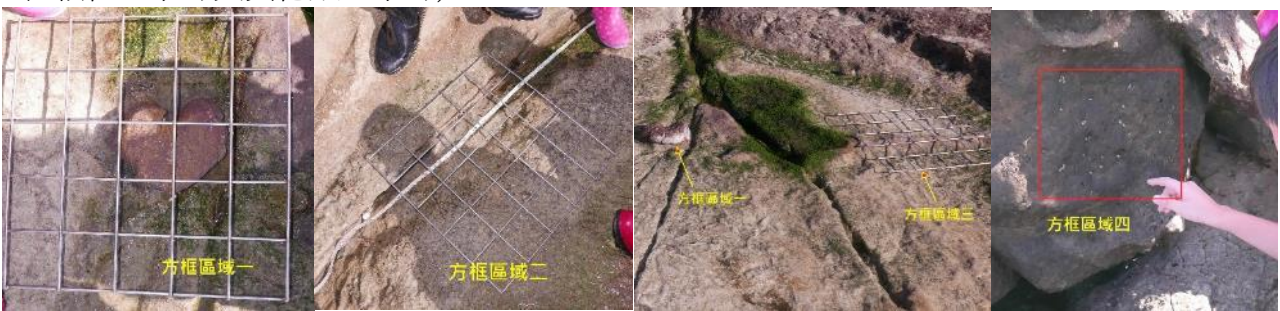
(三) 發現與討論：1. 顆粒玉黍螺在各種玉黍螺中算是相對好辨識的，殼上兩列粗顆粒是很明顯的特徵。

研究一-2、顆粒玉黍螺棲息環境—棲息區域是否隨季節而改變？

(一) 動機：退潮時到潮間帶觀察，牠們聚集的數量好像有時多有時少，會跟季節有關嗎？

(二) 目的：想知道顆粒玉黍螺棲息的區域會不會因季節而改變？

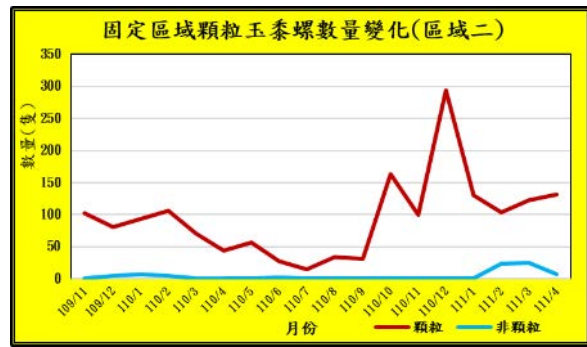
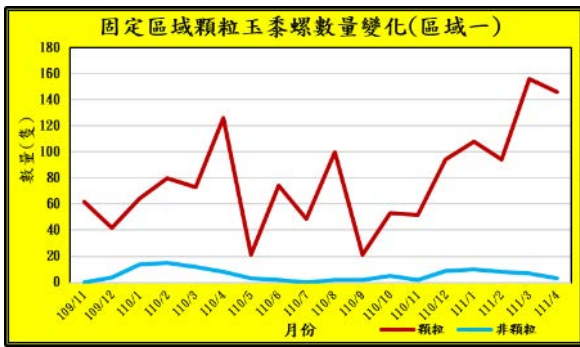
(三) 方法：1. 在大坪潮間帶(東北角八斗子海岸)選定三個有顆粒玉黍螺聚集的區域，並在另一處有玉黍螺但顆粒玉黍螺較少的區域(偏垂直石面)，每月清點四個區域的玉黍螺數量(包含顆粒玉黍螺與其他類玉黍螺)。



◎凸起岩石(區域一) ◎岩石接縫(區域二) ◎岩石裂縫(區域三) ◎垂直岩面(區域四)

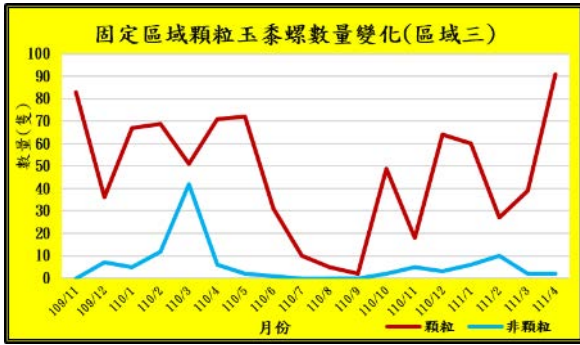


◎乾時縮在石縫:區域三 ◎乾時在角落:區域一 ◎有水時分散:區域一 ◎非顆粒較分散:區域四
(四) 結果：F1-2-1(區域一：有石縫) F1-2-2(區域二：有石縫)



F1-2-3 (區域三：有石縫)

F1-2-4(區域四：垂直岩面無石縫)



(五) 發現與討論：1.區域一~三都是屬於有石縫躲藏的區域，因此雖然每個月有增有減，但一整年幾乎都可以發現顆粒玉黍螺聚集，不過夏季似乎有約略減少趨勢，這應該與夏季時很多玉黍螺沒有進到石縫，裸露的站立或堆疊在岩石上有關，很容易就脫落被海水沖走。



◎夏季時脫落沒有固著的顆粒玉黍螺

2.區域四顆粒玉黍螺數量比其他區域少很多，推測是因為岩石較無隙縫，不易躲藏，但這對非顆粒的玉黍螺則較沒有影響，看起來顆粒玉黍螺在離水時，會找尋可躲藏的區域聚集。

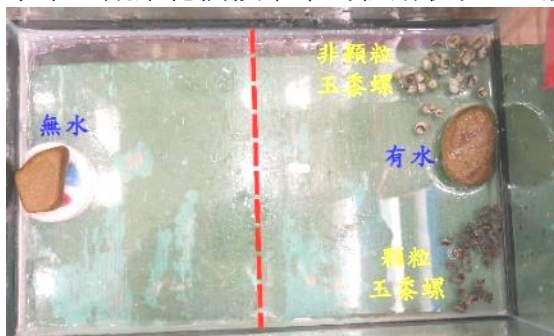
3.即便只是相隔兩次的調查也可能有明顯數量差異，看起來牠們好像會更換聚集位置。

研究一-3、顆粒玉黍螺棲息環境—往有水還是往沒水處聚集？

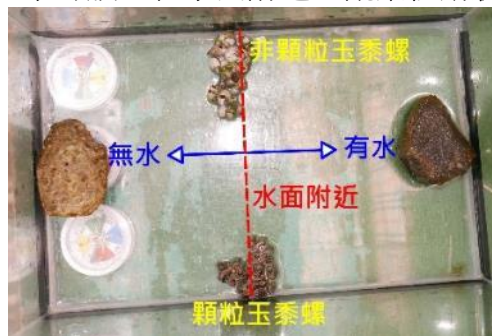
(一)動機：顆粒玉黍螺會不會想要更多的海水呢？

(二)目的：想知道顆粒玉黍螺對於海水的需求狀況。

(三)方法：1. 利用小魚缸傾斜，底部有些海水，分別將30隻顆粒與30隻非顆粒玉黍螺放置在水中，觀察牠們接下來的移動狀況。2.改將玉黍螺放置在水面附近，觀察移動狀況。

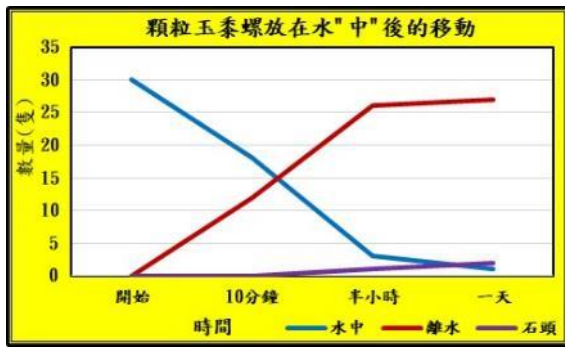


◎將玉黍螺放置在水中

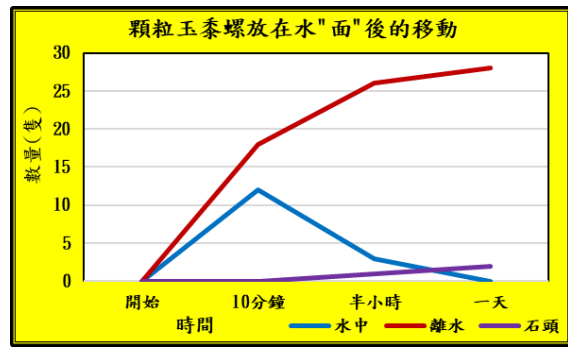


◎將玉黍螺放置在水面附近

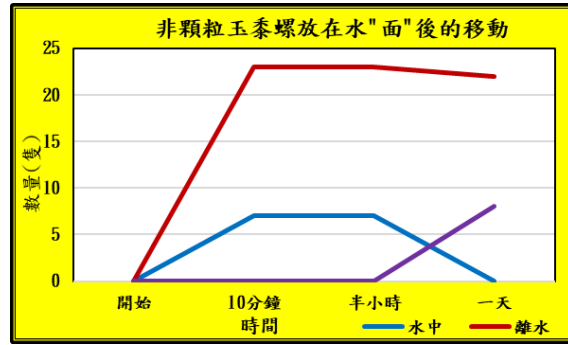
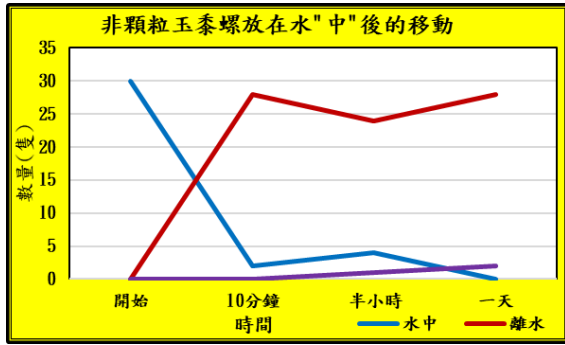
(四)結果：F1-3-1顆粒玉黍螺放在水中(30隻) F1-3-2顆粒玉黍螺放在水面附近(30隻)



F1-3-3非顆粒玉黍螺放在水中(30隻)

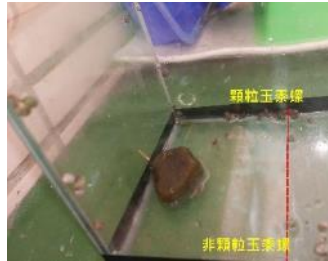
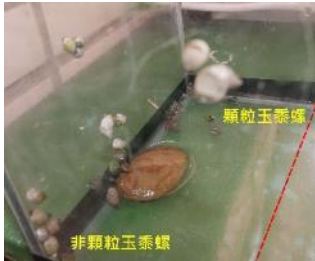


F1-3-4非顆粒玉黍螺放在水面附近(30隻)



(五) 發現與討論：1. 不管放在水中或放在水面附近，一天後，顆粒玉黍螺都會聚集在水面上，即使水中有石頭，棲息在石頭上的也很少，由此可見，當他們被放在有水區域時，牠們的行為是往上爬，離開水，這行為不太像是要去攝食，是不是要找地方躲藏呢(或許也可能牠們並不是要離水，而是要找可以躲藏的石縫)？

2. 我們也有同時進行30隻非顆粒玉黍螺，牠們的開始爬行的行為快了些，10分鐘內大部分都已離開水，離開水後，也是找有縫隙區域聚集、躲藏。



◎20分鐘顆粒玉黍螺仍有不少在水中 ◎非顆粒很快就往上爬 ◎隔天會在頂端角落聚集

研究一-4-1、顆粒玉黍螺棲息環境一離開後會不會回到原來區域躲藏？

(一)動機：每月調查的區域一直都會有顆粒玉黍螺，牠們是否離開後會再回來呢？

(二)目的：想知道顆粒玉黍螺離開躲藏處後，是否會再回原區域？以及可能活動範圍？

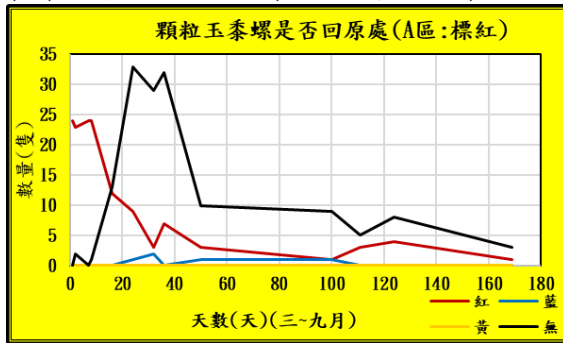
(三)方法：1. 在大坪潮間帶大平台上的裂縫，分成三區塊(ABC)，分別塗上紅、藍、黃的顏料，清點數量，每週不定期進行清點，清點該區域有塗與沒有塗顏料的顆粒玉黍螺數量。

2. 在離海更遠的石塊上，分別塗20隻顆粒玉黍螺(D 紅)與20隻非顆粒玉黍螺(E 藍)，比較牠們移動上的差異。

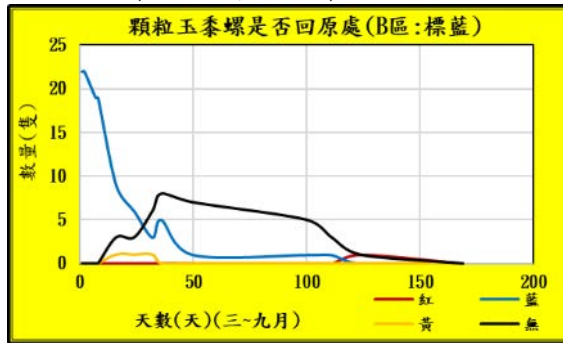


◎以石縫來分區域塗顏料 ◎顆粒與非顆粒玉黍螺 ◎D、E 區域環境 ◎區域 A 紅色

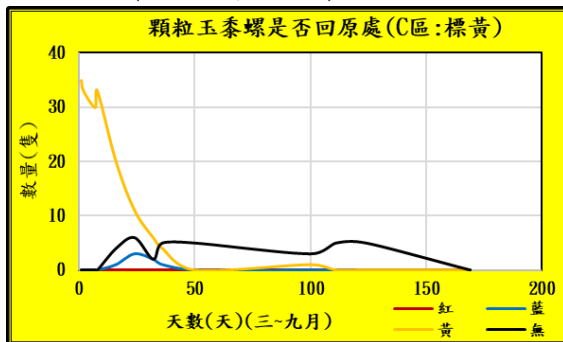
(四)結果：F1-4-1-1 (A 區：標紅色)



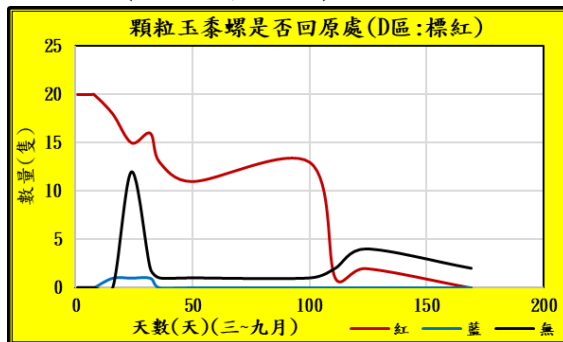
F1-4-1-2 (B 區：標藍色)



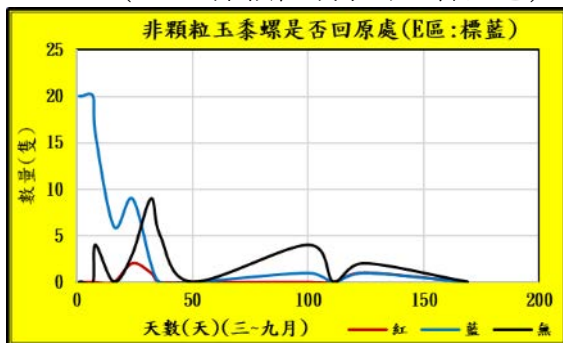
F1-4-1-3 (C 區：標黃色)



F1-4-1-4 (D 區：標紅色)



F1-4-1-5 (E 區--非顆粒域黍螺：標藍色)



(五) 發現與討論：1.從我們將近半年的標識調查，可以看出顆粒玉黍螺會離開原來的躲藏處，但可能不會一次爬離太遠，離開後再回來的機率也不高，而是就近找石縫躲藏。

2.別區域的顆粒玉黍螺也會因爬來附近而進到這個區域躲藏(黑色：無標識的玉黍螺)。

3.離海較遠的 D 區，可以發現牠們到三個月後才有比較明顯的數量變化，這很有意思，會不會這個區域離海較遠，被海水淹沒的時間沒有那麼頻繁呢！

4. 第一天標識完的隔天去，每個區域都沒有更動，是因為沒有碰到海水還是碰到海水仍沒移動呢？



◎一個月後，在很遠區域發現 A 區的紅色個體



◎四個月後僅有少數在同區域內

研究一-4-2、顆粒玉黍螺棲息環境—離開後會不會回到原來區域躲藏？活動範圍？

(一)動機：大坪區域的標識雖然可以知道牠們不太會回原躲藏處，但活動範圍有多大卻很難確認，大坪潮間帶環境看似平坦，但其實岩石高高低低、大大小小裂縫交錯，不易找尋離開的玉黍螺。

(二)目的：想知道顆粒玉黍螺離開躲藏處後，可能活動範圍？

(三)方法：1. 利用附近另一個潮間帶(潮境)，潮境岩石上裂痕相對整齊、清楚，可輕易畫分八個區塊，每個區塊寬約2-3公尺，我們分別在**區塊四(紅)**與**區塊六(黃)**標上各100隻，每週不定期進行追蹤、清點玉黍螺是否更換到別的岩石區塊，並適時補顏料。



◎利用天然岩石裂縫，將潮境高潮帶畫分成八個區域



◎標識紅色顏料



◎標識黃色顏料

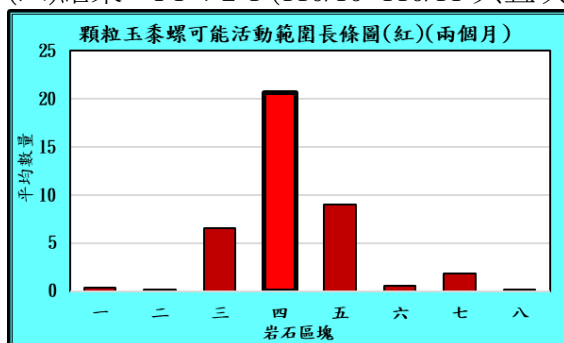


◎與未標識玉黍螺聚集

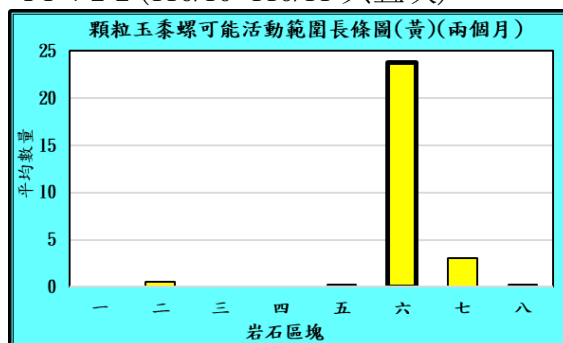


◎四區移到八區的玉黍螺

(四)結果：F1-4-2-1 (110/10~110/11 共五次)



F1-4-2-2 (110/10~110/11 共五次)



(五) 發現與討論：1.從這兩個月的追蹤與統計圖來看，顆粒玉黍螺大多數應該都是在原來區

域附近活動(紅：區域四；黃：區域六)，每次爬出石縫覓食後，乾燥前，就近找可以躲藏石縫應該是牠們的主要模式。

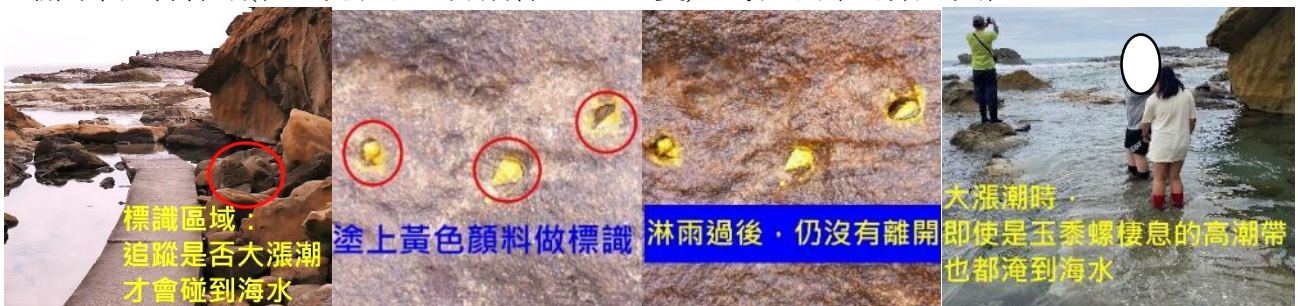
2. 每區域約2-3公尺的範圍，幾個月後，顆粒玉黍螺是有可能爬離原來區域超過10公尺的距離，也就是說牠們並不是一定要在同一位置躲藏，即使在同一區域，下次再看時，也可能在不同石縫位置。

研究一-4-3、顆粒玉黍螺棲息環境—每天的漲潮都有淹沒嗎？

(一)動機：在研究一-4-1中的 D 區，有將近三個月的數量變化不大，而且好像沒有更換位置，難道這段時間牠們都沒有移動？還是根本沒有淹到水呢？

(二)目的：想知道顆粒玉黍螺棲息區域是否漲潮就淹到水？

(三)方法：1.選擇沒有大漲潮(+40以下)且風浪不大的期間【111/4/7(+21)~4/20(+41)】，到大坪潮間帶進行標識(在三塊岩石上分別標7、5、8隻)，每天去確認數量與位置。



◎標識玉黍螺的區域 ◎塗上顏料做標識 ◎淋過雨，隔天沒有移動 ◎大漲潮狀況

(四)結果：T1-4-3-1

日期	4/7	4/8	4/9	4/10	4/11	4/12	4/13	4/14	4/15	4/16	4/17	4/18	4/19	4/20
最大潮位	+21	+21	+23	+25	+27	+28	+28	+27	+28	+29	+35	+38	+40	+41
總數 (原洞)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	14 (2)	15 (2)	15 (2)	15 (0)	15 (0)	14 (0)
更換位置	X	X	X	X	X	X	X	X	√	X	X	√	√	√
浪(淹沒與否)	小	小雨	小	小	小	小	小	大雨	大(淹)	小	小	淹	淹	淹

(五)發現與討論：1.顆粒玉黍螺棲息較高位置的潮間帶，經過我們半個月的追蹤，當不是大漲時，大部分顆粒玉黍螺是碰不到海水的，這段時間牠們維持在洞穴或石縫內，應該是處於休眠狀態，要等到大潮來時，才比較有機會淹到海水，而那時便是牠們移動、攝食的時機。

2.小潮期間若有下雨(4/8)，即便岩石濕潤，牠們仍會選擇維持在石縫內，根據我們研究二-2-3 兩水衝擊實驗，由上方來的衝擊，容易造成牠們脫落，因此選擇不移動應該也是合理的。

3.若有長浪或強風，也可能將小漲潮的海水帶到高潮帶，只要海水淹沒玉黍螺，牠們便有很大的機率會移動(4/15)，若不是大浪，應該還是要等到大潮才会有淹到海水。

4.大漲潮約可以維持5-7天，這幾天應該都可以碰到海水，但大潮過後，可能又得乾燥10多天，迫使牠們演化出強韌的生命力，可以耐乾旱、高溫、酷寒，甚至長時間不攝食。

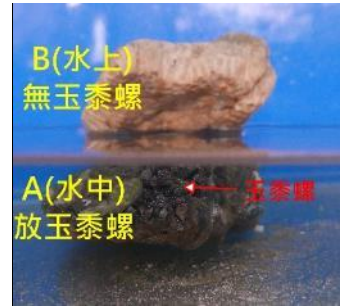
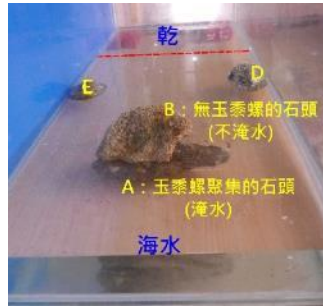
研究二-1-1、顆粒玉黍螺的移動行為—在靜止水中的移動(水面上下)

(一)動機：玉黍螺真的都要一直往上爬嗎？到底要爬去哪兒？在大範圍環境下，是否也一直往上爬？

(二)目的：想知道淹到水的顆粒玉黍螺會移動到哪兒？

(三)方法：1. 利用120cm 長的大魚缸，並墊高一邊，使魚缸底部有傾斜效果，將事先聚集在石頭上的顆粒玉黍螺(約200隻)放入水中，使剛好淹到水，接著在石頭上再疊放另一顆不會

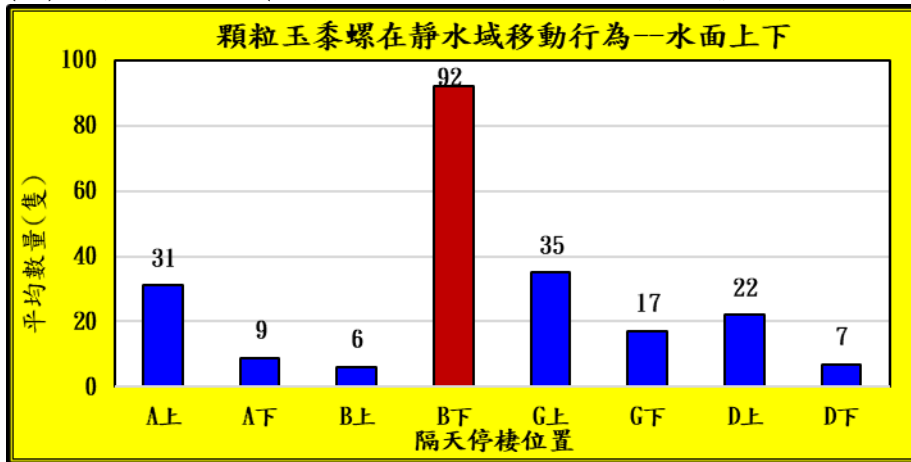
淹水的石頭，隔天記錄兩顆石頭上的玉黍螺數量，也記錄水面上下魚缸壁上的玉黍螺數量。
2.加放兩個石頭(D、E)，使它們一半淹到水，隔天確認停棲數量，進行5次，每次平均219隻。



◎事先聚集玉黍螺在石頭上

◎將有玉黍螺石頭放入水中，上面再堆疊一顆石頭

(四)結果：F2-1-1-1(A:水中石頭、B:水面上石頭、G:玻璃壁、D:獨立石頭)



(五)發現與討論：1.石頭(B)剛好疊在玉黍螺聚集的石頭(A)上方，因此 B 下最多很可能是牠們離水時剛好遇到石頭(B)，AB 之間是很好的石縫，因此 A 上雖然有點淹到水，還是有不少玉黍螺在這裡聚集。

2.水面上的玻璃壁也有不少聚集，說明了牠們似乎真的會有離開水的行為，而這聚集多數都在魚缸角落或邊緣，可能比較接近石洞或石縫。

3.獨立石頭的(D、E)，有一半是淹到水，兩顆石頭上的數量平均後，發現也是水面上的多於水面下的，表示牠們確實比較想要離水躲藏。

4.水面上石頭(B)的上方數量相對少很多，是否意味著並不一定要離水很遠？



◎乾的玻璃壁角落有聚集

◎乾的石頭 B 下方聚集最多

◎B 上方並不多

研究二-1-2、顆粒玉黍螺的移動行為—在靜止水中的移動(更換石頭)

(一)動機：玉黍螺會爬到水面上的石頭，會不會是上面石頭比較適合牠們呢？

(二)目的：想知道更換不同石頭，是否玉黍螺還是會爬到水面上的石頭？

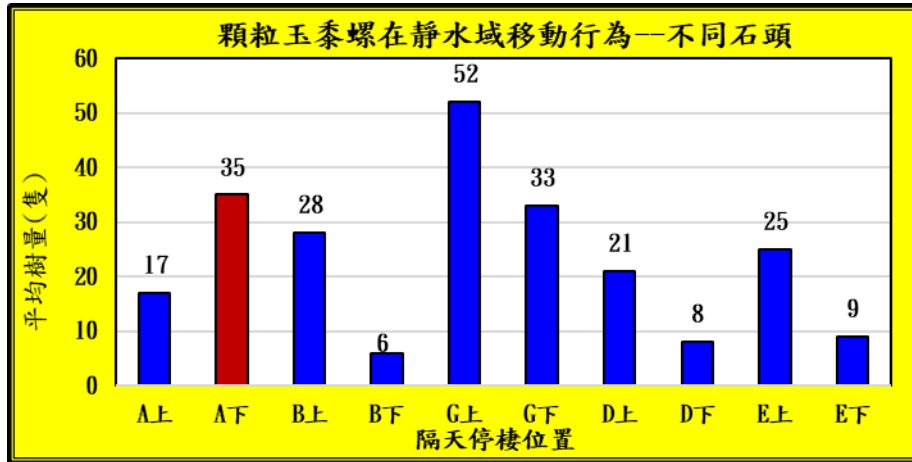
(三)方法：1. 利用原來大魚缸，但將 AB 兩顆石頭對調，玉黍螺是先聚集在水中石頭 B 的上

方，隔天記錄各區域數量。(進行2次，平均每次234隻)



◎原來實驗：A下B上 ◎新實驗改成A上B下 ◎隔天清點玉黍螺數量◎水中的B下變少了

(四)結果：F2-1-2-1 (A:改為水上、B:改為水下、G:玻璃壁、D:獨立石頭)



(五) 發現與討論：1.上下石頭對調之後，隔天的結果，還是水面上石頭的下方(A下)與水中石頭的上方(B上)最多(也就是兩顆石頭堆疊處)。

2.但不管是哪個環境的聚集，水面上或水面下，似乎都有凹洞或縫隙，即使是魚缸，也是以角落或邊緣為聚集區域，看起來找石縫來躲藏是牠們很重要的行為。

研究二-1-3、顆粒玉黍螺的移動行為—在靜止水中的移動(是否因藻類而聚集)

(一)動機：隔天聚集在石頭上的，藻類似乎都比較多，如果刻意把石頭換面，牠們會不會因藻類在水中而聚集在水下呢？

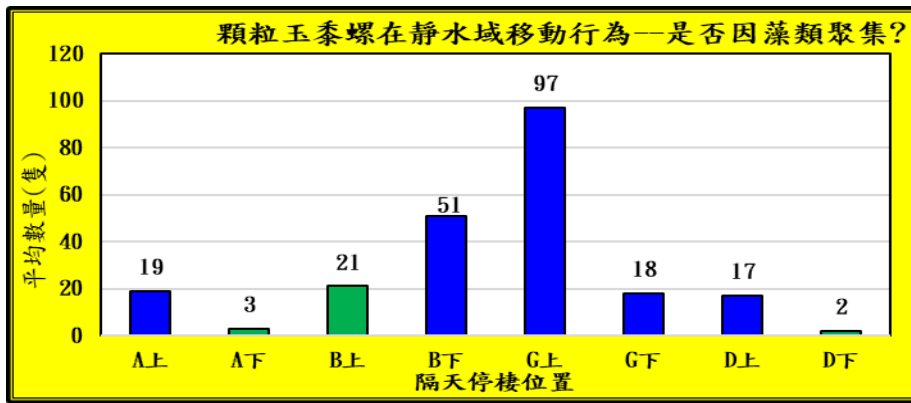
(二)目的：想知道石頭上的藻類，是否是顆粒玉黍螺聚集的原因？

(三)方法：1. 選擇有藻類的石頭當 B(疊在水面上方)，並將有藻類那一面刻意翻到上方(之前實驗結果，玉黍螺聚集較少)，DE 石頭則是讓藻類在下方(因原本上方聚集較多)，隔天記錄各區域數量，進行2次，平均每次228隻。



◎藻類在玉黍螺”不聚集”那面◎B下聚集較多(無藻類) ◎B上並沒有因藻類而大量聚集

(四)結果：F2-1-3-1 (A:水中石頭、B:水面上石頭、G:玻璃壁、D:獨立石頭)



(綠色：表示有藻類)

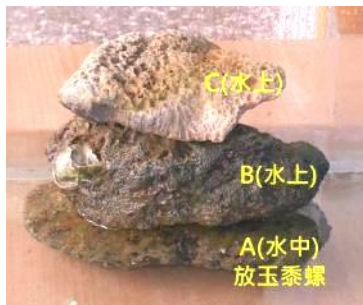
(五) 發現與討論：1.大部分玉黍螺並沒有因為藻類的關係而更換位置，還是以 B 下 A 上為主要聚集區域(兩顆石頭間的細縫)，即使有些是在有藻類那面(A 下 B 上 D 下)(綠色圖)，但並沒有停在藻類上，還是在沒藻類的石縫內，由此可見，玉黍螺並不會因為食物而選擇躲藏處。2.聚集玻璃壁上的數量很多，推測可能是在石頭 A 上爬行時，沒有碰到石頭 B，碰到魚缸底後就沿著魚缸壁向上爬，聚集在魚缸角落或邊緣。

研究二-1-4、顆粒玉黍螺的移動行為—在靜止水中的移動(是否越高越好?)

(一)動機：顆粒玉黍螺似乎會有離水躲藏行為，但這離水要多遠呢？是否越遠越好呢？

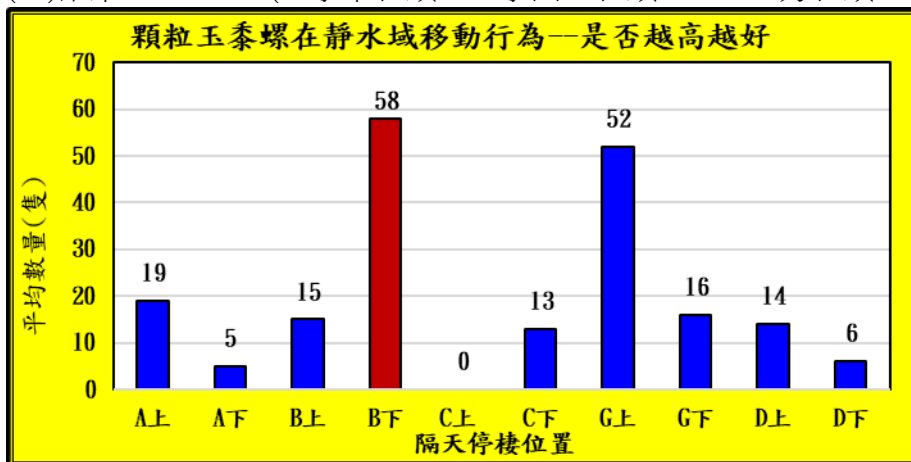
(二)目的：想知道顆粒玉黍螺離水後是否有繼續往上爬的行為？

(三)方法：1.再疊一顆石頭 C 在原本 AB 兩顆石頭上方，玉黍螺則一樣先聚集在水中的石頭 A 上，隔天記錄各區域數量。進行4次，平均每次198隻。



結果還是 B 下位置最多

(四)結果：F2-1-4-1 (A:水中石頭、B:水面上石頭、C:B 上方石頭、G:玻璃壁、D:獨立石頭)



(五) 發現與討論：1.經過幾次實驗，得到的結果都是以石頭 B 的下方是最容易聚集，C 的下方有時也會有，但 C 上方則幾乎沒有，這結果表示，並不是越高越好，越高的石頭越乾，玉黍螺在乾燥環境不太會有爬行動作，反而有石縫、石洞躲藏是比較理想，因此 AB 交接

處(合計19+58有77隻)、BC 交接處(合計15+13有28隻)都是不錯選擇。

2.國外文獻提到，夏季時玉黍螺離開水是為了避免泡在熱水中(Shirley S.L. 2008)，但我們發現，即使在冬季，牠們也有離水的動作，顯然並不是怕泡在熱水中，比較像是在找可以躲藏的處所，因此即使在水中，只要剛好是在石縫、石洞內，牠們不一定要離水。

研究二-1-5、顆粒玉黍螺的移動行為—在靜止水中的移動(水階段性淹沒)

(一)動機：如果海水分段式的淹沒石頭，有些玉黍螺有淹到水，有些維持乾燥，是否更能看出有淹到水跟沒淹到水時的行為差異呢？

(二)目的：比較顆粒玉黍螺在剛接觸海水與無接觸海水時的行為差異？

(三)方法：1.將有顆粒玉黍螺聚集的石頭擺放在魚缸內，緩慢將魚缸海水加到水深2公分(使石頭約淹沒一半)，靜置兩小時後，再加海水到4公分，使整個石頭全部淹沒。

2.利用上方與側面攝影機同時記錄玉黍螺有接觸與無接觸海水的行為狀況，再清點有移動的數量。共進行3次，平均每次可記錄85隻。



◎兩組攝影機記錄

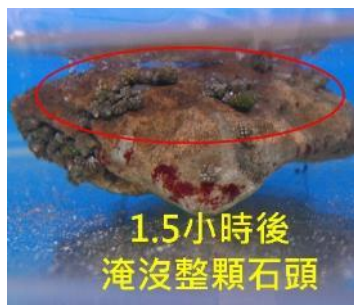
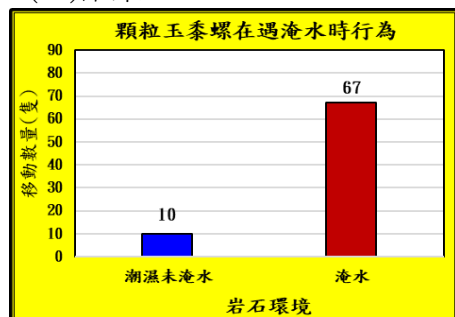


◎加水使部分玉黍螺碰到水

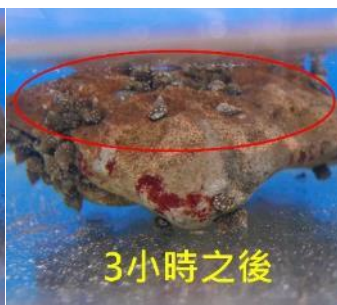


◎40分鐘後，水面上變化不大

(四)結果：F1-1-5



1.5小時後
淹沒整顆石頭



3小時之後

◎淹到水的玉黍螺開始挪動，3小時後大部分都已換位置

(五)發現與討論：1.從側面攝影機可以清楚看出，原本沒有淹到水的玉黍螺(85隻)，因岩石潮濕，仍有部分玉黍螺有移動(約10隻；12%)，一旦水淹上來後，移動的玉黍螺明顯變多(67隻；79%)，這說明了幾件事：

(1)顆粒玉黍螺在濕潤但不淹水岩石上是可以移動，但這些移動以找隙縫為主；

(2)淹水後，大多數的玉黍螺會有較明顯的移動，這些移動並非找隙縫，甚至原本在隙縫的也會爬出來、更換位置，似乎說明了牠們覓食可能會在淹水的情況進行。

研究二-1-6、顆粒玉黍螺的移動行為—在靜止水中的移動(光線是否影響爬行)

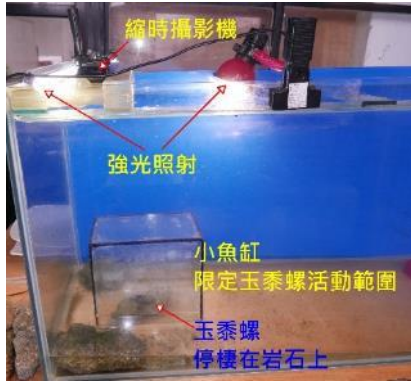
(一)動機：在觀看縮時攝影片時，發現天黑後的時間，玉黍螺移動特別明顯，難道牠們的移動跟光線有關嗎？

(二)目的：想知道顆粒玉黍螺的移動是否與光線有關？

(三)方法：1. 為能完整記錄玉黍螺移動，因此利用小魚缸將有玉黍螺的石頭罩住，縮小活動範圍，並讓整個石頭淹到水，將影片分白天與夜晚(各4小時)，分別清點有多少隻玉黍螺離開石頭，共進行2次，每次平均207隻。

2.分別製造”強光”(燈光距離0.5公尺內)、“弱光”(距離3公尺)、“極弱光”(距離6公尺)，清點在不同光線環境下，有多少隻玉黍螺離開石頭，每個條件進行3次，每次平均207隻。

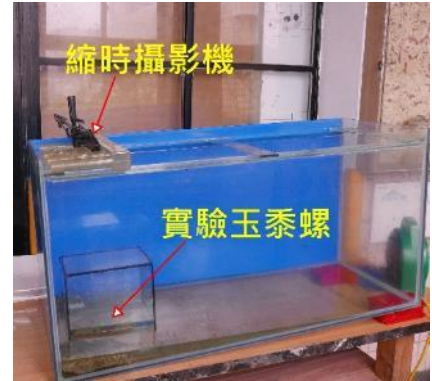
3.更改放置時間(中午改為早上)，記錄玉黍螺離開石頭的數量。



◎強光照射的環境



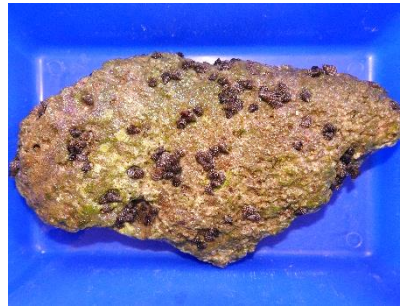
◎弱光照射的環境



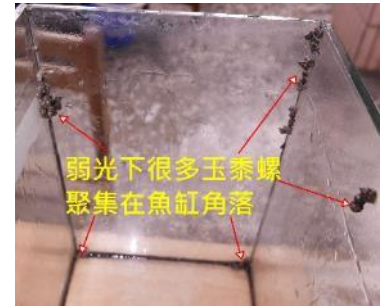
◎極弱光照射的環境



◎抽出空氣，使石頭淹滿水

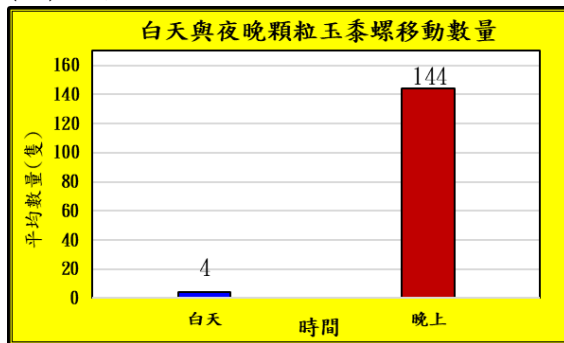


◎強光，大部分仍在石頭上

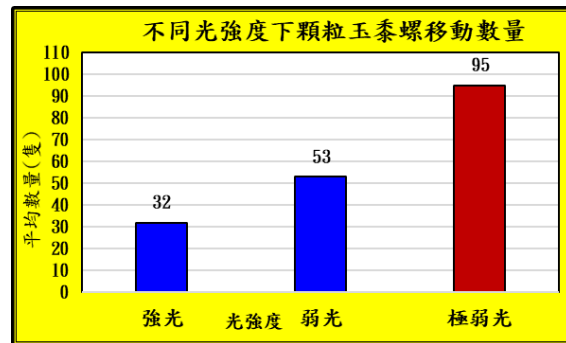


◎弱光，玉黍螺爬到魚缸角落

(四)結果：F2-1-6-1



F2-1-6-2



(五)發現與討論：1.同一天的白天、晚上，影片上很明顯看出，天黑之後，玉黍螺一隻跟著一隻的爬行，但到了下半夜，移動又開始減緩，似乎有上半夜活動的趨勢。(F2-1-6-1)

2.在不同強度的光照下，發現玉黍螺在越弱的光時比較有明顯活動，光越弱，活動的玉黍螺越多，太亮的環境似乎讓牠們處在靜止狀態。

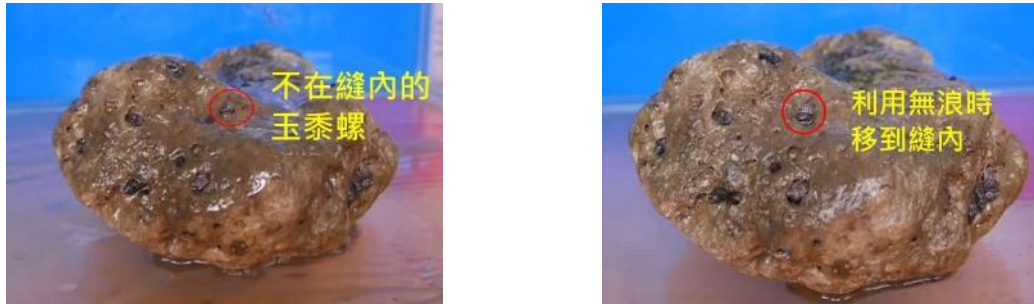
3.但白天也會有漲潮，幾次潮間帶野外調查中，也曾經在白天見到顆粒玉黍螺淹到水時有分散的狀態，應該白天也是可能移動，會不會是我們進行實驗都在中午過後，白天時間不夠久，因此我們另外又設計在早上8點進行實驗，實驗結果白天有56隻移動，移動數量確實是有增加，但夜晚高達162隻，還是高出甚多，由此可見，顆粒玉黍螺還是偏向於夜間活動。

研究二-2-1、顆粒玉黍螺的移動行為—有浪時的移動(有浪衝擊但不淹沒)

(一)動機：野外潮水來來去去，並非靜止不動，這是否會讓牠們產生不同的行為模式呢？
 (二)目的：想知道顆粒玉黍螺在海水不淹沒情況下，被海水沖擊時的行為？
 (三)方法：1.先將有顆粒玉黍螺聚集的石頭放置在傾斜的大魚缸右側(較高位置)，利用水桶裝半桶海水，從魚缸左側沖擊(較低位置)，使海水碰到左側魚缸壁，再反彈穩定沖擊石頭，並在魚缸上方架設攝影機記錄，共進行4次，平均每次72隻。
 2.海水沖擊完會流到在魚缸左側，石頭與玉黍螺不會淹著水，在魚缸左側利用虹吸原理將海水吸出到水桶，滿半桶後再進行下一次沖擊，每次間隔約1分鐘。(這是模擬在還沒有漲潮前或小漲時，風浪大，會使高潮帶的玉黍螺斷斷續續接觸到海水，但不會淹沒)



◎傾斜魚缸製造高低位置 ◎魚缸反彈海水沖擊 ◎虹吸作用吸出海水 ◎觀察玉黍螺行為



◎不在縫內的玉黍螺遇水會有爬行動作 ◎遇到石縫會進去躲藏

(四)結果：T2-2-1 (總數72隻)

	浪沖擊期間	浪停止衝擊後	都沒移動
移動數量	16	19	37
移動比例	22%	27%	51%

(五)發現與討論：1.進行將近一小時，結果發現，在浪沖擊狀況下，大部分玉黍螺並沒有明顯移動(只有22%移動)，且都是在浪與浪之間的空檔，浪衝擊瞬間幾乎是緊縮不動。
 2.浪停止不沖時，在石頭乾燥前，部分玉黍螺會有爬動行為(27%)，而這些爬動行為似乎都是在找石縫、石洞，有浪衝擊時，雖然石頭濕潤了，但這似乎不是牠們主要活動時間。

研究二-2-2、顆粒玉黍螺的移動行為—有浪時的移動--模擬漲退潮(浪沖擊漸漸淹沒—淹沒加水流—浪沖擊漸漸退—無浪水漸漸乾)

(一)動機：野外的浪一波一波慢慢沖擊，終究會有”淹”到玉黍螺的時候，接著還會有退潮，在潮水的不同階段是否會有不同行為模式？

(二)目的：顆粒玉黍螺在整個漲退潮過程中，是否因漲退潮的不同階段而有不同行為？

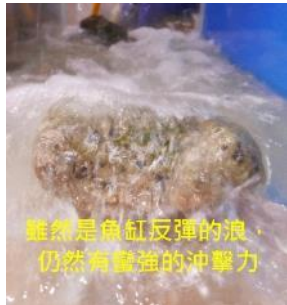
(三)方法：

1.階段一(浪沖擊漸漸淹沒)：除了原本每分鐘半桶水的沖擊外，每兩分鐘額外”再倒入”1公升的海水，使水位隨著一波一波的浪緩慢增加，利用攝影機錄影記錄。

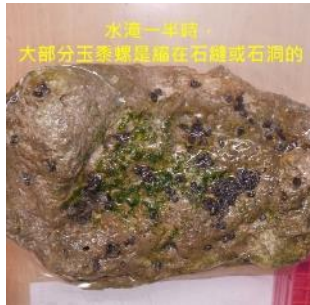
- 2.階段二(淹沒加水流)：全部淹沒之後，不再倒水造浪，但並非完全靜止，而是在水中利用大馬達製造水流，模擬大漲潮後，水流衝擊水中玉黍螺狀況。
- 3.階段三(浪衝擊水漸漸退)：關閉水中大馬達，回到每分鐘半桶水沖擊，每兩分鐘”舀出”1公升水，製造水位漸漸退的效果。
- 4.階段四(無浪水漸漸乾)：水退到完全碰不到玉黍螺，浪慢慢也打不到，此時石頭還是濕的，但慢慢會乾燥(模擬乾潮狀態)。



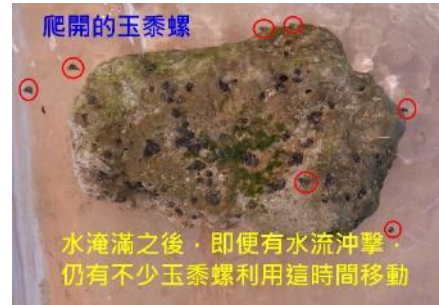
◎模擬漲退潮模組 ◎水位慢慢升高 ◎淹沒後利用馬達造水流 ◎退潮時仍有浪沖擊



◎玉黍螺可以承受浪的沖擊



◎大部分玉黍螺是縮在縫內



◎水淹滿後有些玉黍螺爬離石頭



◎第一天沒有接觸水



◎第三天沒有接觸水



◎第五天沒有接觸水

(四)結果：T2-2-2 (總數110隻)

潮汐階段	階段一	階段二	階段三	階段四	都沒
	浪沖擊漸漸淹沒	淹沒+水流	浪沖擊水漸漸退	無浪水漸漸乾	移動
移動數量	2	90	17	25	20
比例	2%	82%	15%	23%	18%

- (五)發現與討論：1.階段一漲潮且有浪沖擊時，乍看之下是不動的，但透過攝影機觀察，在浪與浪之間空檔，有些不在縫內的玉黍螺會有爬行動作，找到石縫就可能不再移動。
- 2.階段二水淹滿後的狀況，即便仍有水流，但這並不影響玉黍螺的爬行，大多數玉黍螺會有爬行行為(82%)，甚至爬離開石頭，推測在野外應該也是”淹著水”時爬行、攝食。
- 3.階段三水位漸漸退去，又開始有浪直接沖擊，玉黍螺的行為跟漲潮爬行很像，多數是不動，但少數不在縫內的會有爬行動作，感覺也是要找縫隙。

4.最後階段，浪沖擊不到玉黍螺，石頭慢慢乾的過程，因為沒有水干擾，可以清楚看出一些原地挪動或小距離移動的動作，但石頭乾了之後，可以連續好幾天都沒有更換位置。
 5.整個過程中仍有20隻玉黍螺都沒有移動，也就是並不是一淹到水，顆粒玉黍螺就一定會移動，牠們比其他生物有更高的忍受力，可以好幾天不進食、不碰水，因此即使淹到水也不一定要爬出去找食物。

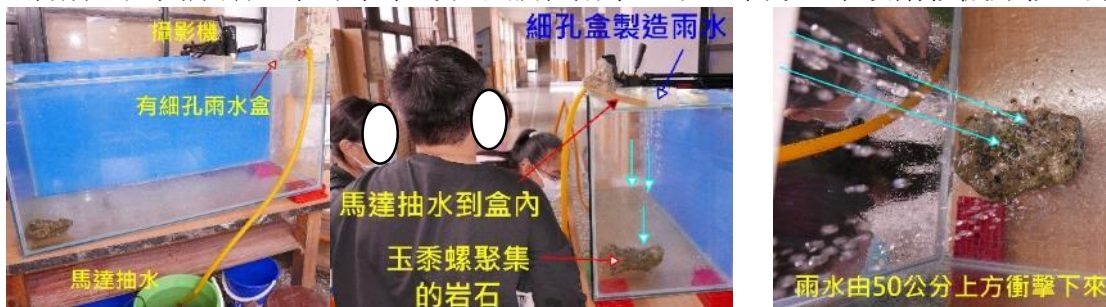
研究二-2-3、顆粒玉黍螺的移動行為—有浪時的移動(乾潮時遇到雨水沖擊)

(一)動機：在高潮帶的顆粒玉黍螺乾燥的時間可以很長，可能大漲潮時才會遇到海水，而這段時間若下雨，牠們將直接面臨雨水的沖擊，牠們又是如何應付呢？與海浪沖擊相同嗎？

(二)目的：想知道顆粒玉黍螺在乾燥情況下，面臨下雨時的行為？

(三)方法：1.將有細孔的盒子放置在大魚缸上面，利用馬達將雨水(白開水)抽到盒子內，調整水量，使盒子內一直有水，但不會滿出來。

2.將前一天開始讓玉黍螺聚集的岩石放在雨水盒子正下方，架設攝影機錄影記錄。



◎實驗裝置：顆粒玉黍螺遇到雨水

◎雨水由岩石正上方直接落下在岩石上

(四)結果：T2-2-3

狀況	下雨時移動	下雨過後	沖擊後脫落	樣本總數
數量	0	50	37	163



◎正上方沖擊造成玉黍螺掉落



◎雨水沖擊過後，岩石上的都是在石縫內的

(五)發現與討論：1.雨水由上方”點狀”沖擊，與海浪由平面”整波”沖擊，有些相似的地方，在雨水沖擊期間，大部分玉黍螺是不移動的，或僅微微挪動讓自己更貼合石縫，顯然浪與雨水同樣會對牠們造成威脅。

2.雨水沖擊過後，50隻的玉黍螺有移動行為，這點也與海浪沖擊結果相似，當浪停止時，潮濕的岩石上，會有玉黍螺移動，但這移動比較像是在找石縫，因為一段時間後，大部分玉黍螺會停在有縫隙的處所。

3.雨水沖擊跟海浪造成最大差異在於玉黍螺脫落的數量，海浪沖擊時，僅有少數1-2顆脫落，但雨水沖擊時，則有將近37隻被沖落，特別是沒有停在石縫內的，或石縫不明顯不足以讓牠

們緊縮的。

4.即便海水還沒有來，牠們在雨水環境下仍可以存活，這應該也是為什麼牠們可以棲息在離海那麼遠的原因之一吧！

研究二-3-1、顆粒玉黍螺的移動行為—野外真實環境實測(乾燥—潮濕)

(一)動機：實驗室魚缸實驗發現有浪來時，多數是不動的，但不在縫隙的玉黍螺會有移動到隙縫的行為，真實潮間帶是否也是如此呢？

(二)目的：想知道野外顆粒玉黍螺在乾燥情況下，遇到海水時的行為？

(三)方法：1.顆粒玉黍螺棲息在高潮帶岩石上，若真的等海浪漲到玉黍螺位置，此時潮間帶區域幾乎都會淹到水，不但不易觀察，也會有自身安全的顧慮，因此我們選在”退潮”且晴朗的時間，到潮間帶進行實驗，此時大部分玉黍螺處於乾燥狀態。

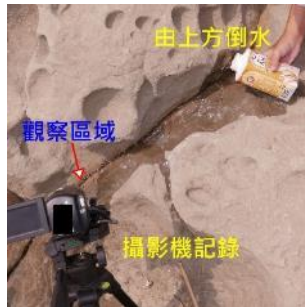
2.挑選一處有大量玉黍螺聚集的岩石隙縫作為實驗區域，利用寶特瓶容器，裝海水，約30秒倒一次，利用縮時攝影機拍攝記錄，共兩個區域，時間各約一小時。

3.以另一組攝影機拍攝海水漲潮時，玉黍螺行為模式(等待潮水，不實施人工倒水)。

4.利用影片，清點在不同位置的玉黍螺數量、爬行方向，包含石縫內(高、低處)、非石縫內(高、低處)。



◎拍攝區域環境

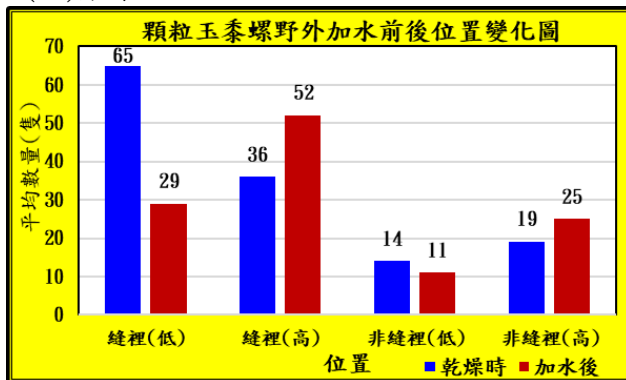


◎每30秒倒一次海水

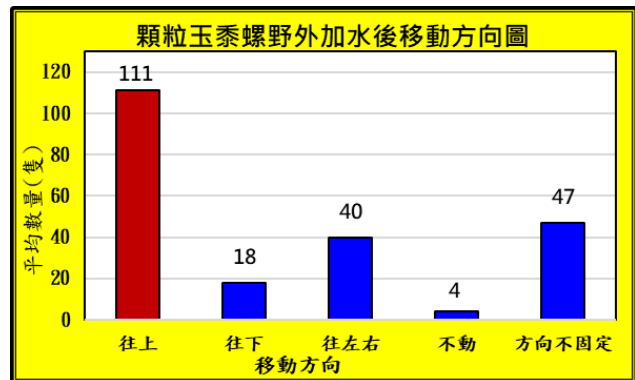


◎兩組攝影機進行拍攝記錄

(四)結果：F2-3-1-1



F2-3-1-2



◎沖水後，玉黍螺開始挪動



◎很多會爬進石縫內

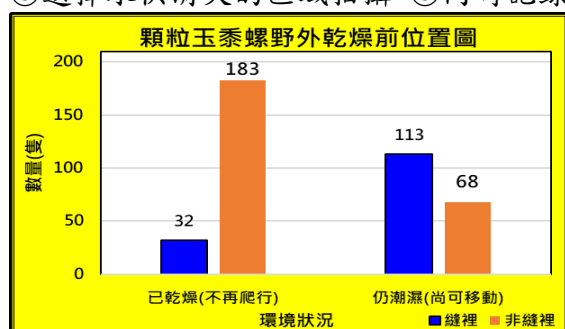
- (五) 發現與討論：1.我們發現乾燥的玉黍螺遇到海水時，不是只有單純的進石縫、離開石縫，還要分是在高的區域或低的區域。原本預期聚集在隙縫且乾旱很久的顆粒玉黍螺，遇到海水應該會有爬出來覓食的行為，但經過攝影機記錄發現，這些玉黍螺遇到水雖然有移動，但並不是往外爬出來，而是更往隙縫內挪動，F2-3-1-1中縫裡位置”高”的玉黍螺，在加水後，數量由36增加為52，似乎牠們接觸到水的第一時間是以”躲藏”為優先考量。
- 2.為什麼將區域分成高與低，主要是想看看是否在野外也會有往上爬的行為，結果確實有這樣跡象，原本”低”的區域，縫裡由65變29，而”高”的區域，縫裡的由36變52，這表示即便在縫裡，突然遇到水時，牠們還是會有往上爬的趨勢。沒有在縫裡的，加水後，高的區域也變多(19變25)，有些是由低處縫裡爬出來，在往上爬過程中，可能來不及進縫裡。
- 3.我們也利用縮時影片，清點牠們移動不同方向的數量(F2-3-1-2)，圖中可以發現，往上爬的數量明顯比其他方向要來得多，這說明了牠們對水與食物的需求並不強，反而希望離開水去躲藏，可能是碰到水後，原本固著的黏膠就失去功能，必須重新補充，牠們似乎比較趨向於長時間乾燥固著，處於休眠狀態。
- 4.不爬出來反而往隙縫聚集，這與我們實驗室的結果並不衝突，我們推測高潮帶的玉黍螺剛遇到的海水，會是漲潮沖擊上來的”浪”，而不是穩定水流，此時最需要的是躲藏，沒有在隙縫的玉黍螺很可能會被這浪花沖落，而被帶到海中，成為其他生物食物，躲進石縫石洞內是保命的選擇。
- 5.至於等待漲潮的攝影機則無法記錄到，雖然已是漲潮，但並非大潮，且風浪不大，這些居住高潮帶的玉黍螺根本碰不到海水，這是否意味著牠們只有大漲潮時才會被淹沒呢？

研究二-3-2、顆粒玉黍螺的移動行為—野外真實環境實測(潮濕—乾燥)

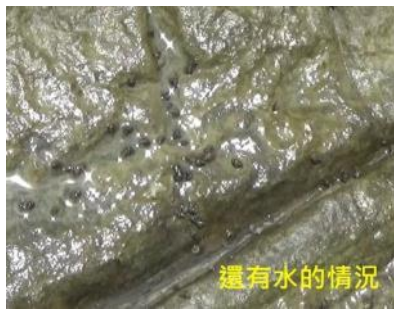
- (一)動機：高潮帶的玉黍螺在大漲潮遇水後，潮水退了，終究要面臨乾燥，在乾燥前，牠們是否有特定行為模式呢？
- (二)目的：想知道野外顆粒玉黍螺在有水情況下，慢慢乾燥時的行為？
- (三)方法：1.在天氣晴朗時(夏季)，選擇漲潮過後的時間到潮間帶(大約是高潮過後兩小時)，此時仍有海水接觸玉黍螺，挑選玉黍螺數量多，積水不多的區域進行觀察記錄，並利用攝影機拍攝，記錄海水漸漸乾燥時，顆粒玉黍螺的行為。



◎選擇水快消失的區域拍攝 ◎同時記錄岩石與螺殼表面溫度 ◎不同區域進行攝影記錄



(四)結果：F2-3-2(夏季)



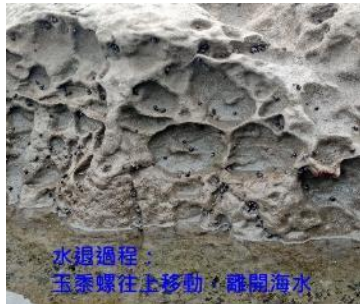
◎有水時玉黍螺還是分散的



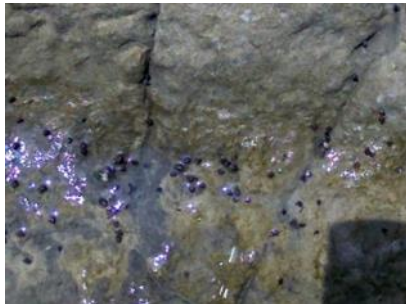
◎慢慢乾燥後會往石縫靠攏



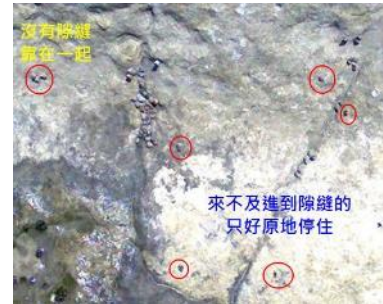
◎一小時後幾乎都在石縫內



◎水退時，往上離水



◎分散狀況(第二區域)



◎2小時後的聚集狀況(第二區域)

(五) 發現與討論：1. 兩組攝影機所記錄的玉黍螺，在面臨乾燥的行為，都是在水即將乾燥前，慢慢往岩石隙縫靠攏，很明顯是在為接下來的乾燥環境做準備。但一小時後的結果發現，已乾燥的環境中只有32隻在石縫內，竟然有183隻是沒有在石縫內的，為何與進石縫躲藏的行為相違背呢？反而在濕潤區域，有較多數量是在縫內(113隻>68隻)，拍攝時間是八月中午，天氣炎熱，海水乾燥的快，是否因此而讓牠們來不及找到石縫呢？低窪區域比較慢乾燥、還濕潤的玉黍螺則有較充裕時間進石縫(F2-3-2)。

2.雖然玉黍螺爬行很慢，但仍會在水灘中來來去去的爬行，似乎在找適合的躲藏處，水越乾，爬行變得越不明顯。

3.並非所有玉黍螺都能在岩石乾燥前找到縫隙躲藏，這些來不及找到的，便會停在岩石平面上，這是不是就是牠們夏季會有站立與堆疊現象的原因之一呢？

研究三-1、顆粒玉黍螺的站立與堆疊—是否有季節性變化？

(一)動機：夏季到潮間帶常可以見到一些顆粒玉黍螺立起來或堆疊在一起，是否只有夏季才有這種現象呢？

(二)目的：想知道潮間帶顆粒玉黍螺是否特定季節才會有站立與堆疊行為。

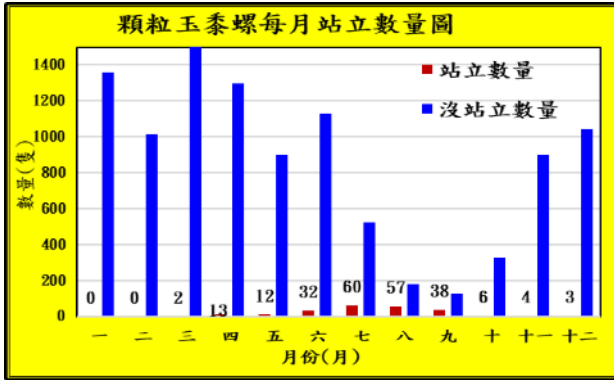
(三)方法：1.在大坪潮間帶選定一特定岩石區域，凸起岩石約2M*2M大小，有石縫、石洞、凹陷處，且範圍內有很多顆粒玉黍螺棲息。

2.每月不定期2-4次清點該範圍內顆粒玉黍螺站立與無站立數量，堆疊數量(分兩隻、三隻、四隻…)，再取各月的平均值。

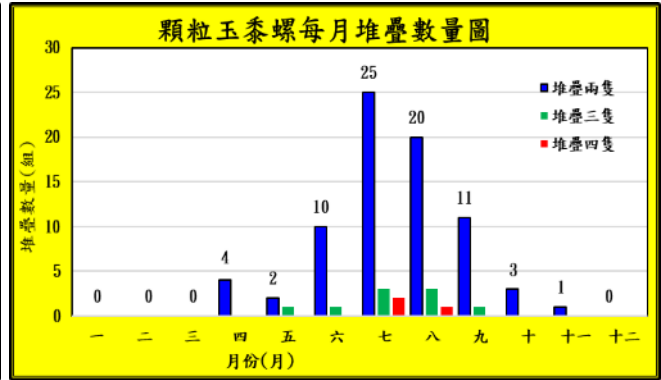


◎以高潮帶獨立岩石做調查範圍◎清點顆粒玉黍螺堆疊數量◎冬季出太陽岩石溫度不高

(四)結果：F3-1-1



F3-1-2



◎單隻站立狀況



◎兩隻堆疊



◎三隻堆疊



◎四隻堆疊



◎多隻交雜堆疊在凹縫



◎夏季常會有分散堆疊



◎夏季在石縫邊緣，並沒有在石縫內



夏季：較分散有堆疊



冬季：聚集石縫 無堆疊



◎夏季明顯較分散且有堆疊 ◎冬季則偏向石縫聚集無堆疊 ◎秋天堆疊不會立起來

(五) 發現與討論：1.從 F3-1-1、F3-1-2一整年調查資料可以看出，不管是單隻站立或兩隻以上堆疊，夏季出現的頻率都高於其他季節，四月份便開始有站立與兩隻堆疊的數據，十月以後幾乎都是不站立的状态，堆疊的顆粒玉黍螺，也非常稀少。

2.今年首次在四月份記錄到站立與堆疊，我們發現有幾項與我們實驗室結果是相符的，幾乎所有發生單隻站立的玉黍螺，都有幾個共同現象：(1)不在洞內聚集；(2)在接近垂直傾斜面；(3)螺塔朝左上方。也就是很可能就是來不及進石縫聚集，又在傾斜處，螺塔在左上方，重心偏外側，重力造成直立。

3.同樣區域下，夏季時顆粒玉黍螺明顯較為分散，並沒有完全進到石縫內，石洞外，不只有些站立起來，也有很多兩隻堆疊，甚至三隻、四隻堆疊，但冬季時，幾乎都是聚集在石

縫內，就安全性來說，石縫內絕對要優於石縫外，夏季的洞外站立與堆疊會不會根本不是主動行為呢？



4.夏季數量確實有減少傾向，推測有幾個原因：(1)夏季熱，水乾得快，造成牠們來不及進石縫躲藏；(2)夏季不在縫內又站立、堆疊，讓牠們更容易脫落(5-6兩個月的調查就發現超過100隻脫落的玉黍螺)。

5.十、十一月份雖仍有部分堆疊(兩隻)，但模式明顯與夏季的狀況不一樣，除了型態比較像是”側躺”外，發生的位置也比較靠在石縫，這比夏天的”直立”堆疊來得安全很多，但這到底是因天氣不熱了，不需”主動”站立或堆疊來對抗酷暑？還是牠們沒有”被迫”要站立、堆疊呢？或者是文獻上提到的交配行為呢(David J. Marshall, 2012)？這可能需要更嚴謹的實驗與觀察來證實。

研究三-2、顆粒玉黍螺的站立與堆疊—為什麼會立起來？

(一)動機：國外文獻提到，殼的站立可以讓需要渡過夏天的玉黍螺改善降溫，因此會將殼口”垂直”於岩石表面，而不是”面向”表面(Lim, 2008;Miller&Denny,2011)，也就是牠們會在夏季高溫時段，將殼立起來降溫，但真是如此嗎？

(二)目的：想知道顆粒玉黍螺是否在高溫下會將殼垂直立起來？

(三)方法(A)：1.利用加熱墊在岩石板上加熱(模擬夏日高溫的岩石:50-60度)，再將有玉黍螺的小碟子放到岩石板上，錄影觀察玉黍螺行為(分6組進行，共60隻)。

2.修正(B)：是否需要向野外有傾斜角度？→利用小魚缸製造傾斜面，並讓玉黍螺處於微量積水狀況，再放到加熱的岩石板，錄影觀察玉黍螺行為(分兩次進行，共200隻)。

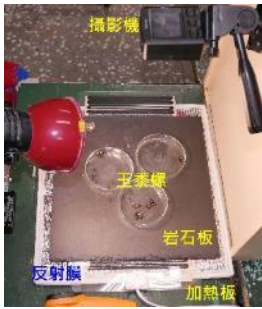
3.修正(C)：是否需要上方熱源？→增加上方加熱燈，模擬夏日熱由上方傳遞下來(分兩次進行，共200隻)。

4.修正(D)：是否要跟野外一樣有海風？國外文獻提到，玉黍螺進行加熱實驗時，如果沒有空氣中的溫度梯度(底部溫度高，上面溫度較低)，是不會有站立行為的(David J. Marshall, Terence P. T. Ng. 2012)→利用小風扇、吹風機加入風的因素(分兩次進行，共200隻)。

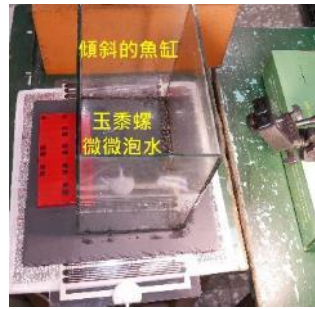
5.修正(E)：是否因接觸面不是岩石的關係？→將玉黍螺直接放在岩石板上進行(分四次，每次8隻)。

6.修正(F)：是否因在不自然狀況下被取出，再放下造成干擾？→改前一天先讓玉黍螺泡海水，在天然岩石上自由爬行、停棲，再將有玉黍螺的整顆岩石加熱(共進行兩次，每次60隻)。

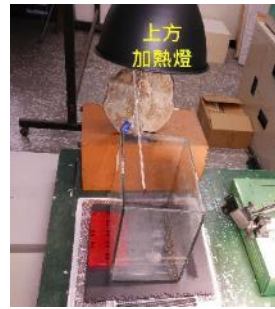
7.修正(G)：是否是因傾斜使玉黍螺立起來呢？→刻意讓聚集在岩石上的玉黍螺傾斜加熱。



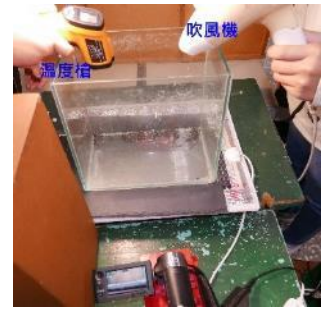
◎A 一開始只有加熱板



◎B 傾斜的狀況



◎C 加入上方加熱燈



◎D 吹風機製造風



◎E 直接放岩石板



◎F 玉黍螺在天然岩石上



◎G 岩石直立起來，玉黍螺會有轉向行為



◎A 聚集但沒有明顯站立



◎B 有聚集但無站立



◎C 加熱燈造成聚集



◎D 吹風有使移動明顯



◎E 聚集但沒有明顯站立



◎F 爬到岩石側面竟出現站立



◎F 爬到岩石側面竟出現站立

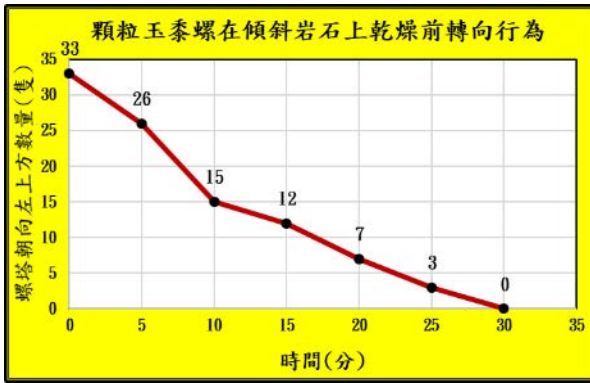


◎G 原本螺塔向左上的



◎G 不久後全都轉向其他方向

(四)結果：F3-2



◎即使停在側面傾斜岩石

石，螺塔沒有在左上方也不一定會立起來

(五) 發現與討論：1.經過我們多次修正實驗，發現顆粒玉黍螺在受熱乾燥前，並沒有明顯主動站立的行為，也就是說，乾燥前，站立的姿勢可能是被動造成的。

2.我們在F的實驗中發現，顆粒玉黍螺爬到接近90度傾斜岩石側面時，可能已經接近乾燥，不再移動，這時有些產生了”立”起來的姿勢，有些卻沒有，這些立起來的螺塔好像都是朝向”左上方”，仔細觀察牠們的”黏著點”，黏著岩石的位置並非整個殼口，而是接近殼口右前方的位置，如此一來，當牠們在傾斜面時，如果螺塔在左上方，那黏著點便會在下方或右下方，重力的關係，會讓牠們慢慢向下垂而立起來，直到黏膠乾硬。

3.從圖 F3-2可以看出，當牠們在垂直岩面時，在時間許可情況下，牠們會盡量避免讓自己的螺塔朝左上，也就是，其實牠們並不是主動想要立起來，而是因在傾斜岩石上，天氣炎熱、乾的太快，牠們來不及轉向，便因重力關係而立起來。

4.野外是否也是出現相同狀況呢？我們在潮間帶清點了岩石傾斜面上，150隻平貼的顆粒玉黍螺，只有一隻螺塔是朝左上方(岩石不是很傾斜)，秋冬或氣溫不高時，有時間轉向，會刻意讓自己螺塔不要朝左上方，就不會有立起來現象。另外也同樣清點傾斜面上，150隻站立的顆粒玉黍螺，結果每一隻的螺塔都是朝左上方，顯然會立起來跟螺塔有沒有朝左上方非常有關係。

	螺塔方向	
	左上方	非左上方
站立(150隻)	150	0
平貼(150隻)	1	149



◎站立與無站立



◎螺塔在左上時便可能站立

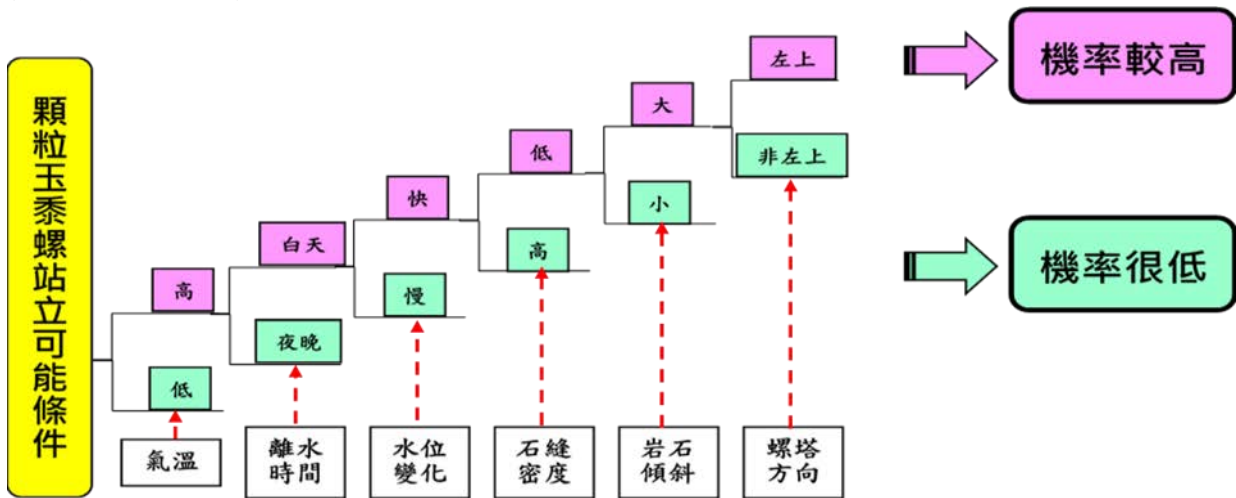
5.另外國外也有文獻提到，玉黍螺為了減少對太陽熱的吸收，會將螺塔面向太陽(Shirley S.L. 2008)，好像也是在說明為什麼牠們會有站立姿勢，但我們在實驗室使用上方加熱燈(熱源溫度可達300-400度)，可使玉黍螺停棲的石板達到50度(約略是夏天野外岩石溫度)，但牠們還是僅以縮回腹足、口蓋，並沒有立起來。不過我們確實觀察到，在牠們完全縮回腹足前，會有舉起、轉動螺殼、甚至立起螺殼的動作，但最後都是恢復平貼岩石的姿勢。



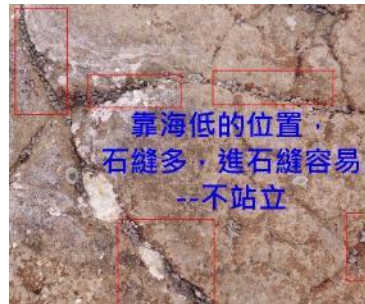
◎顆粒域黍螺固定前會有選轉螺殼動作

◎也會有短暫站立的行為，但又會再平貼回去

※玉黍螺的站立並非單一因素造成，我們歸納了幾個條件，必須在多項條件都吻合下，才比較容易發生站立行為：



站立條件：氣溫高、白天離水、水位變化快(以上都會造成乾得快)、石縫密度低(來不及找到石縫)、岩石傾斜度大、螺塔朝左上方。



◎隙縫多比較不會有站立

◎石縫密度高便很容易找到石縫

◎石縫密度低便可能站立

研究三-3、顆粒玉黍螺的站立與堆疊—為什麼會堆疊？

(一)動機：國外文獻對於玉黍螺螺殼堆疊的解釋是高的位置溫度較低(透過紅外線溫度記錄)，玉黍螺為了降低溫度，因此會爬到另一隻上方，並將殼立起來降溫(Laurent Seuront, 2016)，但這不是讓自己暴露在危險狀態嗎？而且若真如此，為什麼還是很多沒有堆疊呢？



◎堆疊的玉黍螺，很容易傾倒而被沖走

(二)目的：想知道顆粒玉黍螺產生堆疊的過程，及其可能原因？

假設 A：漲潮後散開，開始乾潮時，除了找石縫，也刻意尋找突起物或對象，爬高避暑(國外文獻)。

假設 B：牠們是聚集過程中就有了堆疊，潮濕後開始爬行，但堆疊在上面的並沒有爬開，再度面臨乾燥時，沒來得及進石縫聚集，便形成堆疊。

假設 C：漲潮後散開，開始乾潮時，四處找石縫，乾的太快，來不及找到石縫，剛好碰到其它玉黍螺，便爬上去，之後又面臨乾燥，因此便停在上面，形成堆疊。

(三)方法1：利用站立實驗的加熱系統，將顆粒玉黍螺放在些許水的魚缸中進行加熱，觀察牠們在面臨高溫且要離水時，是否因此爬到別隻身上。

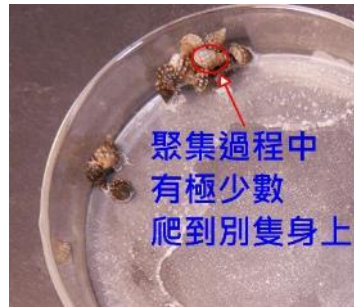


◎上方加熱水中玉黍螺

◎乾燥前在角落聚集

◎也有在魚缸邊緣聚集

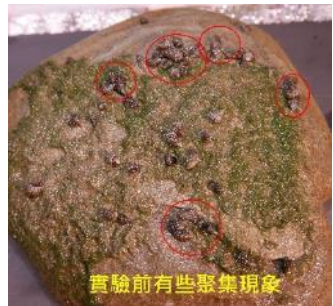
(三)方法2：先刻意將玉黍螺聚集成堆，再放進加熱裝置內，觀察接下來的行為！



◎刻意將玉黍螺聚集再加熱

◎乾燥後確實有些是貼在別隻身上

(三)方法3：前一天讓玉黍螺自然尋找停棲位置、聚集，隔天再從水中取出，並加熱觀察。



◎將聚集在岩上的玉黍螺加熱

◎自然聚集狀況

◎乾燥後清點堆疊數量

(四)結果1-3：T3-1

日期	過程中出現堆疊	完全乾燥後出現堆疊	玉黍螺總數
111/1/25	6	1	124
111/1/26	6	1	63
111/1/26	3	0	116
111/1/28	3	2	93
111/2/8	2	0	60
111/2/16	3	1	24



◎聚集時就有堆疊，加熱後有些上方的沒移動 ◎乾燥前找躲藏處時，爬到別隻上方

(五) 發現與討論：1.三個室內進行的實驗，過程中雖有發現堆疊行為，但都比較像是原本就在別隻身上，或者是要爬去聚集時，前面的不動，後面的便爬上去，並沒有如國外文獻提到的，為了降溫而爬到別隻身上的行為。

2.在我們六次的實驗數據中，確實有發現堆疊情況，在我們實驗中，這些堆疊(2隻堆疊)的形成主要有幾個原因：(1)如假設(B)，聚集時就有了堆疊，加熱後開始爬行時，上面那隻沒有離開，等下面那隻也不動了，便形成堆疊；(2)找地方躲藏的爬行過程中，爬到別隻身上，還沒離開前就已經接近乾燥，因此停在上面，形成堆疊(如假設 C)。

3.透過影片的觀察，岩石在受熱乾燥前，玉黍螺爬行，會有爬到別隻身上的時候，但並不一定會一直停在上面，如果還是潮濕狀態，牠們會繼續爬行，脫離原來的堆疊(T3-3)，有時碰在一起，也不一定爬上去形成堆疊(與假設 A 不符)，如此看來，實驗室內的這些堆疊現象，比較像是接近乾燥了，剛好在別隻身上，為避免脫水，因此停止移動，並黏著固定。

4.這結果與國外文獻提到的，利用站立及疊高來做溫度調節(主動站立、堆疊)(Laurent Seuront, 2016)，並不吻合，莫非是我們甚麼地方疏忽了嗎？

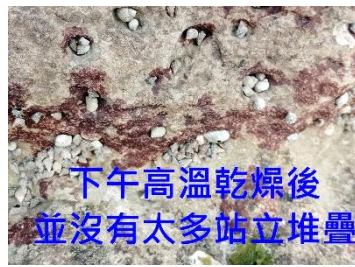
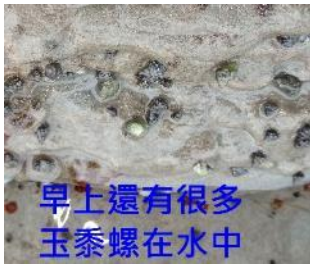
※夏季野外面臨乾潮前的實際拍攝狀況，為了更確實了解野外顆粒玉黍螺的堆疊行為，我們重新再到在潮間帶做玉黍螺離水前的行為拍攝。

※困難處：

1. 今年東北部天氣多雨。
2. 中高潮帶的顆粒玉黍螺沒有大漲潮不容易淹到海水。
3. 若漲潮淹水時間在夜晚，除了不方便進行，另一方面夜晚乾得慢，牠們大部分都可進石縫。
4. 很難確定那些區塊會有堆疊行為出現，加上因個體小，無法大範圍拍攝，常常兩個小時拍攝後，堆疊出現的並不在拍攝區域內。
5. 潮汐雖有時間表，但風浪大小並沒辦法準確估計，且一天兩次漲退潮跟一天一次漲退潮，海水退的速度差很多，有時去了還要等幾個鐘頭，有時到海邊已經都乾燥了。

☆案例說明：典型夏季狀況，111/6/5漲潮2:20AM +45，退潮18:00 -40，太陽剛要出來時氣溫25度，有約1/3的玉黍螺已經乾燥不動了，且幾乎都沒有站立、堆疊，推測可能是半夜離水，濕度夠，氣溫也不高，來得及進石縫，因此沒有站立堆疊還算合理。

但另外還有大約2/3左右的玉黍螺會在白天離水，當天白天氣溫高達36度，這些玉黍螺將在高溫下離水，按照我們的推論，牠們很可能會因高溫、乾燥快，而來不及進石縫，甚至來不及轉向，而有站立、堆疊現象，也就是一般夏季時會見到的景象。但當天下午觀察的結果，雖然炎熱且都已乾燥，可是站立、堆疊的數量非常的少，為什麼會這樣呢？我們發現一天只有一次漲退潮的時候，潮水水位有很長時間是不太變化的，也就是這區塊的玉黍螺很可能都會一直被海水碰到，我們實地在野外錄影三小時，的確水位都沒甚麼下降，在這種情況下，玉黍螺即便在氣溫高的情況下，因為一直斷斷續續有水濕潤，牠們還是可以來得及進石縫，來得及轉向，便比較不會有站立、堆疊情況。



◎白天有些還沒離水◎水位變化慢沒有站立堆疊 ◎一天一次漲退潮，水位變化會很慢

(三)方法4：選擇大漲潮在早上，且有兩次漲退潮，天氣晴朗的時間，到潮間帶對準備離水的顆粒玉黍螺進行長時間錄影、記錄。觀察玉黍螺堆疊的原因，並清點影片中產生堆疊數量。



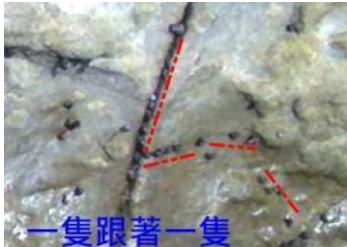
◎利用攝影機長時間攝影

◎選擇水快要乾但仍有積水處拍攝

(四)結果4：T3-2

是否堆疊	堆疊(組)		無堆疊(隻)		總數
	爬行中產生	離水前聚集	石縫內	石縫外	
玉黍螺數量	1組(2隻)	8組(16隻)	350	55	414

1. 透過四次影片記錄，我們發現牠們堆疊的發生有兩種類型，第一種是在面臨乾燥時，因為一隻跟著一隻的行為，當前一隻停下來時，後面一隻便爬上去，爬上去後也很快面臨乾燥，便形成兩隻堆疊，推測如果有三隻跟著，或許可能形成三隻或四隻堆疊。

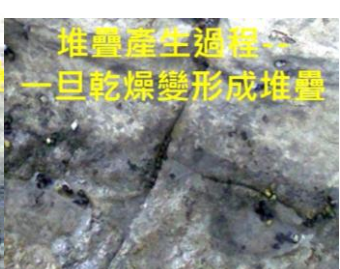
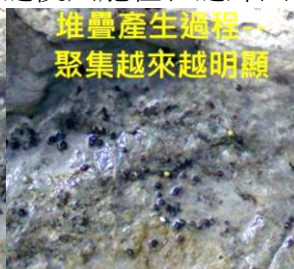
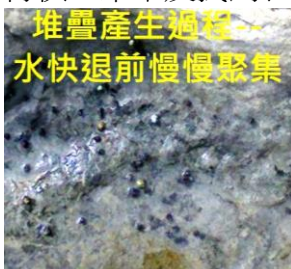


◎一隻跟一隻聚集或進石縫

◎跟著前一隻移動1

◎跟著前一隻移動2

2. 第二種狀況是在即將面臨乾燥時，大多數玉黍螺原本分散，但乾燥造成水灘面積越來越小，此時玉黍螺會被迫越來越集中，彼此間的距離越來越近，很容易就聚在一起，爬行過程中便“自然”爬到另一隻身上，而爬上去的因離開水，便提早乾燥而固著在別隻身上，形成堆疊，下面那隻則尚未乾燥，還可以繼續爬行，所以便帶著上面那隻往上找石縫，但因天氣熱、乾得快，來不及找到石縫便只能在石縫外固著，形成堆疊。



◎水灘面積慢慢縮小◎玉黍螺間距離縮小◎爬行過程可能爬上對方◎若沒爬下來便形成堆疊



◎堆疊爬行離水找石縫 ◎疊在上面的早已固著不動 ◎過程中即便碰到別隻也沒有爬上去

3. 堆疊並不像國外文獻提到的為了降溫主動爬到另一隻身上，因為影片中多次發現，面臨乾燥時，即使碰到別隻也不一定爬上去，甚至有的已經形成堆疊了，但上面那隻還沒乾，還是會再爬下來。



◎原本已形成堆疊 ◎上面的尚未乾燥便繼續爬 ◎最後各自爬開，反而沒有堆疊



◎乾燥前爬行中碰面 ◎只是沿著對方移動 ◎接著慢慢離開 ◎並沒有形成堆疊

4. 不管是室內實驗或野外觀察的結果，顆粒玉黍螺的堆疊都不太像是”主動式”的想爬到別隻上方，比較像是因水面積縮小，彼此距離靠近，加上有一隻跟著一隻的特性，前一隻不動時，後面的便可能爬上去，當乾燥速度快時，牠們便只能在上面固著，而形成堆疊。

5. 顆粒玉黍螺的堆疊行為雖然普遍在夏季可見到，國外也都有進行探討，但根據 David J. Marshall.(2012)的最新說明，牠們螺殼的姿勢是非常複雜的，很難用單一目的或功能來解釋，甚至有可能是為了進行交尾而不是熱調節，因此應該還有很多探討的空間，我們僅以一年半時間的觀察與實驗，提供不同的思考方向，也許將來會有更嚴謹、更精密的實驗來清楚了解這種小生物的奇特現象。

伍、結論

一、關於顆粒玉黍螺的棲息環境：

1. 以高潮帶為棲息環境，一整年都可以見到，但同一區域的聚集，不一定是同一批顆粒玉黍螺，夏季時的數量有約略減少。
2. 在躲藏處附近活動，但因不會回原處所，因此時間久了，可能會移動到比較遠的區域。
3. 當牠們被動的被放入水中時，會有找縫隙躲藏的行為，多數是朝上方尋找。
4. 每個月的大潮是牠們穩定可以接觸海水的期間，也是爬行攝食時機。

二、關於顆粒玉黍螺的移動行為：

(一)在靜止水域中：

1. 牠們的移動會選擇有縫隙的環境來躲藏，跟材質、藻類沒有太大關係，也不一定要爬離很遠，如果附近剛好有石縫，可能就直接進去。
2. 夜晚或光線較弱時，爬行行為更為明顯。

(二)在流動水域中：

1. 在有浪沖擊的情況下，待在石縫內的比較少會有移動，但如果沒有在石縫內，會在浪與浪之間爬行，找尋石縫躲藏。
2. 浪淹沒或退潮還淹著海水時，是牠們爬行最明顯的時段，推測應該是牠們移動或攝食的時間。
3. 乾潮時的雨水會對牠們產生影響，特別是夏天，若沒有在石縫內，很可能被沖擊脫落。

三、關於顆粒玉黍螺的站立與堆疊：

1. 牠們的站立姿勢不太像是主動造成，有可能要在幾個條件下，才會產生：
 - (1) 夏季高溫；(2) 離水時間在白天；(3) 潮汐水位變化快；(4) 處在石縫密度不高岩石；(5) 岩石傾斜大；(6) 螺塔朝向左上方。主要都是讓牠們因“來不及”進石縫才造成站立。
2. 堆疊的形成主要原因也是因來不及進石縫，水灘乾得快，牠們被迫縮小活動範圍，使得彼此距離縮小，加上會一隻跟著一隻，便可能爬到對方身上，爬上去的乾燥更快，固著不再移動，而形成堆疊。

陸、參考資料及其他

- 一、邵廣昭等。2014。南疆沃海—南沙太平島生物多樣性。內政部營建署。
- 二、邱郁文等。2011。寶貝東沙.潮間帶軟體動物篇。海洋國家公園管理處。
- 三、陳育賢。2001.海岸生物(二)(三)—台灣潮間帶生物700種(二)。渡假出版社有限公司。
- 四、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。
- 五、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。
- 六、陳揚文。2011.一個潮池的秘密。行人文化實驗室。
- 七、陳文德等。2007。恆春半島的迷你貝及小型貝類。
- 八、David J. Marshall, Terence P. T. Ng. 2012. Shell standing in littorinid snails: a multifunctional behaviour associated with mating? *Journal of Molluscan Studies*, Volume 79, Issue 1, February 2013, Pages 74 – 75,.
- 九、Laurent Seuront, Terence P. T. Ng. 2016. Standing in the sun: infrared thermography reveals distinct thermal regulatory behaviours in two tropical high-shore littorinid snails. *Journal of Molluscan Studies*, Volume 82, Issue 2, May 2016, Pages 336 – 340,.
- 十、LIM S.L.. Body posturing in *Nodilittorina pyramidalis* and *Austrolittorina unifasciata* (Mollusca: Gastropoda: Littorinidae): a behavioural response to reduce heat stress, *Memoirs of the Queensland Museum, Nature*, 2008, vol. 54 (pg. 339-347)
- 十一、M. G. Chapman. 1995. Aggregation of the littorinid snail *Littorina unifasciata* in New South Wales, Australia. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 126: 191-202..
- 十二、MILLER L.P., DENNY M.W.. Importance of behavior and morphological traits for controlling body temperature in littorinid snails, *Biological Bulletin*, 2011, vol. 220 (pg. 209-223)

【評語】 080303

1. 學生設計多元實驗方法與田野調查去了解玉黍螺的行為，尤其特別探討影響玉黍螺站立與互相堆疊的原因，研究觀察結果認為不是溫度造成玉黍螺站立與互相堆疊的原因，學生團結合作，研究成果豐富，觀察記錄詳實，與已發表論文結果對照討論並提出新的看法，令人鼓舞。
2. 實驗有探討到溫度對玉黍螺站立與互相堆疊行為的影響，所以要用紅外線測溫儀紀錄實驗當時溫度，增強觀察結果的說服力。
3. 玉黍螺有上爬找隙縫躲藏特性，建議用紅外線測溫儀紀錄隙縫與岩石的溫度，有可能也與溫度有關。

作品簡報

疊「螺」「旱」

潮間帶顆粒玉黍螺

Echinolittorina malaccana

之觀察與行為探討

國小組

生物科

研究概念圖

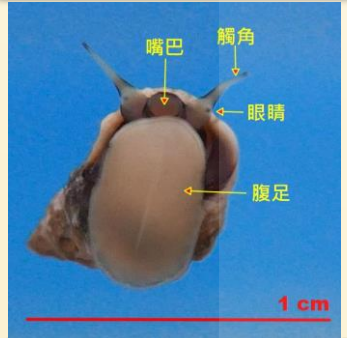
結論

實驗主軸

動機



顆粒玉黍螺
“站立”與
“堆疊”真的是主動的適應行為嗎？
有沒有可能是被迫的呢？



站立與堆疊

- ◎ 是否有季節性？
- ◎ 為什麼會站立？
- ◎ 為什麼會堆疊？

- ◎ 在靜水中的移動狀況？
- ◎ 有浪時的移動？
- ◎ 雨水的影響？
- ◎ 野外實際移動狀況？

移動行為

- ◎ 名稱與外觀
- ◎ 季節性更換位置？
- ◎ 找水？離水？
- ◎ 離開後會再回來嗎？

棲息環境

疊「螺」「旱」



來不及

來不及
進石縫可能就是造成潮間帶顆粒玉黍螺出現站立與堆疊的主要原因

環境與季節

觀察區域

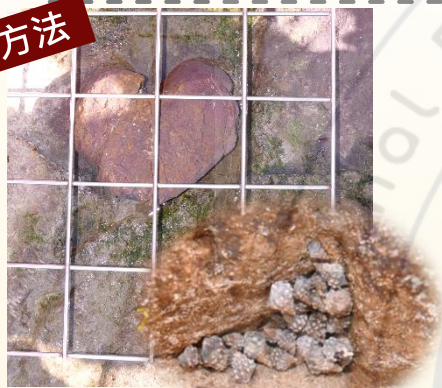
區域一

區域二

區域三

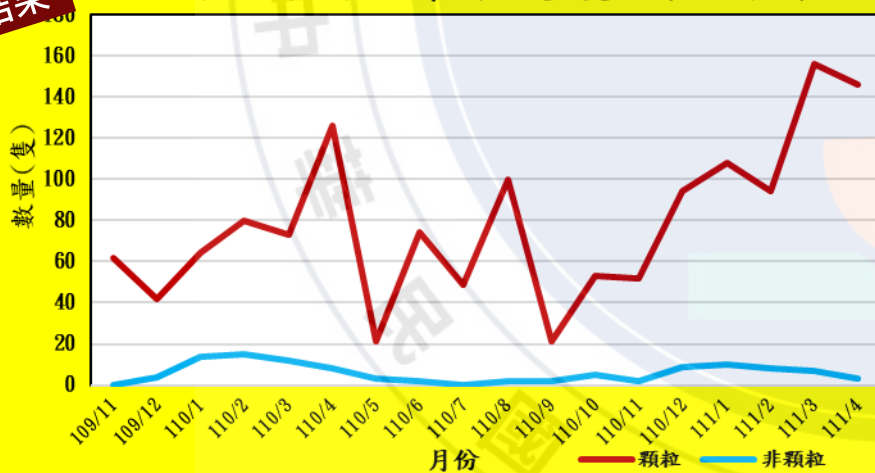
區域四

方法

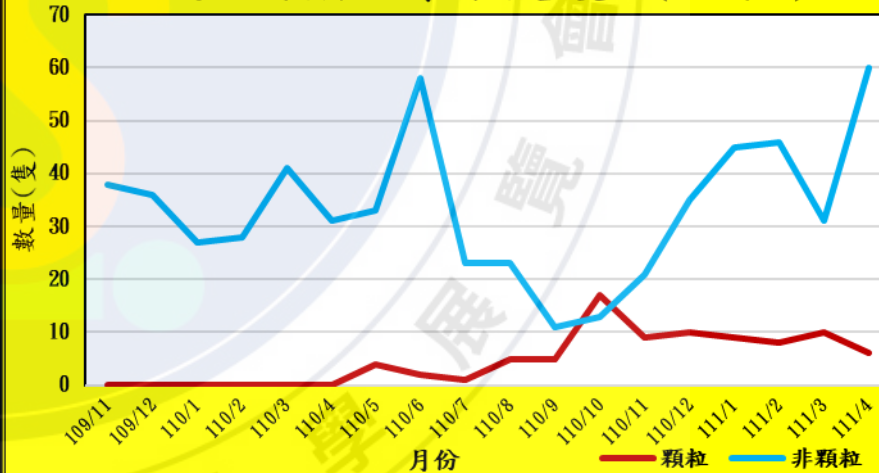


結果

固定區域顆粒玉黍螺數量變化(區域一)



固定區域顆粒玉黍螺數量變化(區域四)

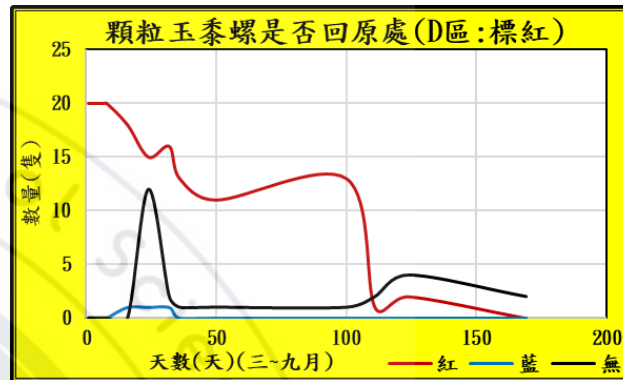
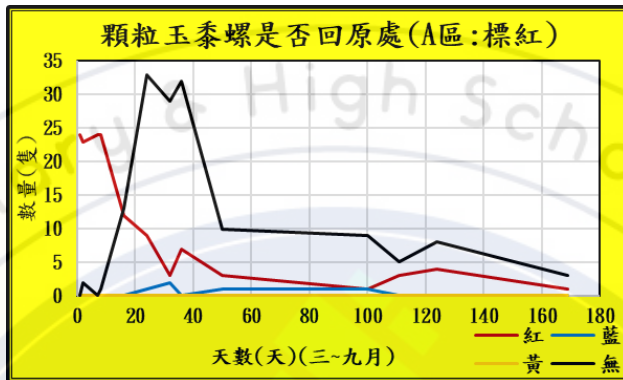
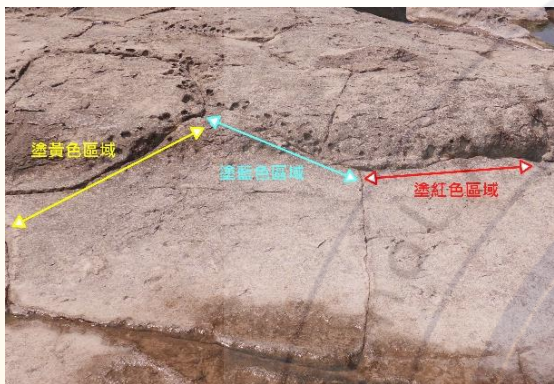


雖然每個月有增有減，但一整年幾乎都可以發現顆粒玉黍螺聚集

疑問

離開後會再回來嗎？

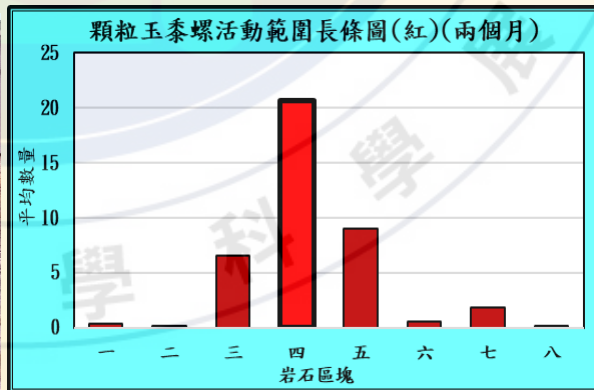
回到原處嗎



日期	4/7	4/8	4/9	4/10	4/11	4/12	4/13	4/14	4/15	4/16	4/17	4/18	4/19	4/20
最大潮位	+21	+21	+23	+25	+27	+28	+28	+27	+28	+29	+35	+38	+40	+41
總數 (原洞)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	14 (2)	15 (2)	15 (2)	15 (0)	15 (0)	14 (0)
更換位置	X	X	X	X	X	X	X	X	√	X	X	√	√	√
浪(淹沒與否)	小	小雨	小	小	小	小	小	大雨	大(淹)	小	小	淹	淹	淹



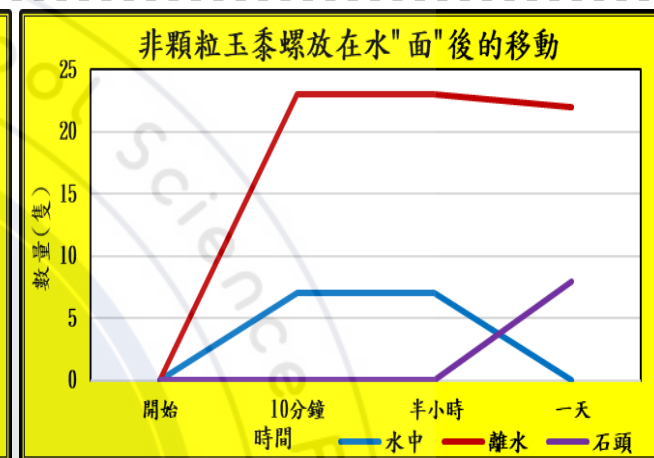
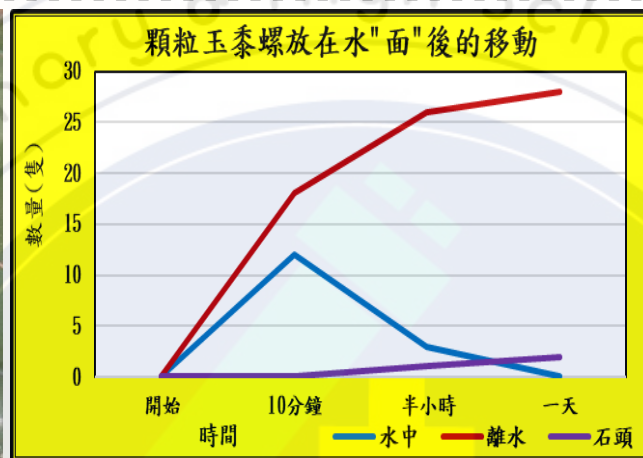
要等到大潮來時，才比較有機會淹到海水，而那時便是牠們移動、攝食的時機



顆粒玉黍螺大多數應該都是在原來區域附近活動會離開原來的躲藏處，但可能不會一次爬離太遠。

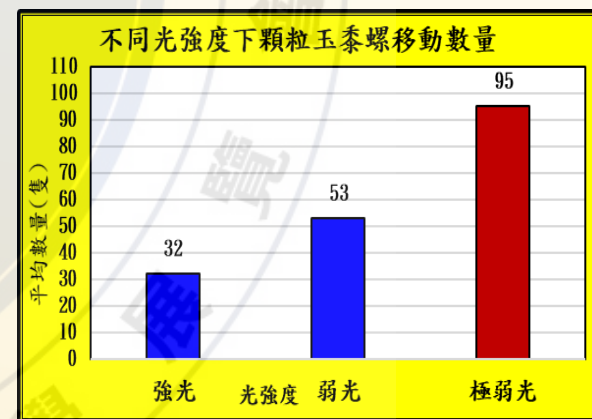
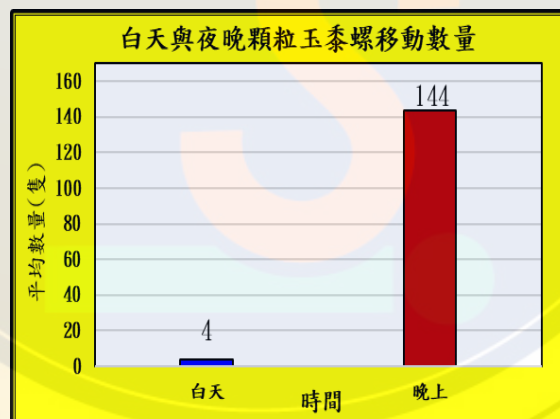
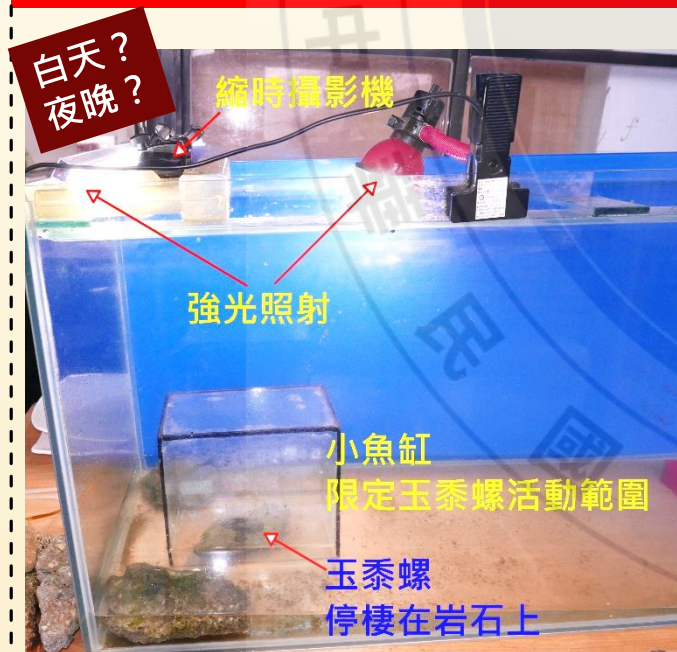
移動行為—往有水處聚集嗎？

找水？
離水？



移動行為—光線是否影響爬行

白天？
夜晚？



天黑之後的幾個鐘頭，顆粒玉黍螺一隻跟著一隻的爬行，但到了下半夜，移動又開始減緩，似乎有上半夜活動的趨勢，且光越弱，活動的玉黍螺越多，太亮的環境似乎會讓牠們處在靜止狀態。

移動行為—靜止水中

實驗條件

水面上下

方法

B(水上)
無玉黍螺

A(水中)
放玉黍螺

更換石頭

A:水面上

B:水面下
放玉黍螺

藻類因素

B:藻類

越高越好

C(水上)

B(水上)

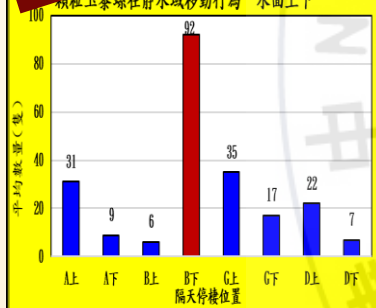
A(水中)
放玉黍螺

階段性淹沒

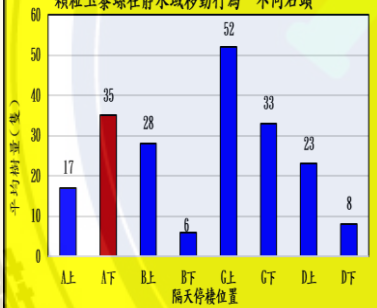
1.5小時後
淹沒整顆石頭

結果

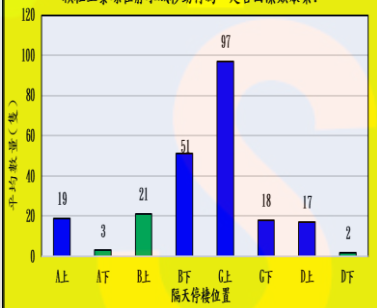
顆粒玉黍螺在靜水域移動行為—水面上下



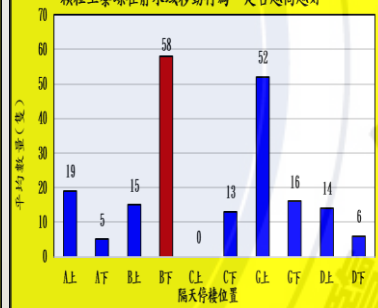
顆粒玉黍螺在靜水域移動行為—不同石頭



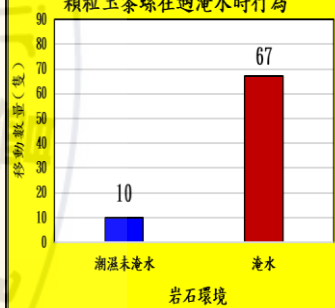
顆粒玉黍螺在靜水域移動行為—是否因藻類聚集?



顆粒玉黍螺在靜水域移動行為—是否越高越好



顆粒玉黍螺在遇淹水時行為



發現與討論

AB兩顆石頭之間是很好的石縫，也是玉黍螺容易躲藏的區域

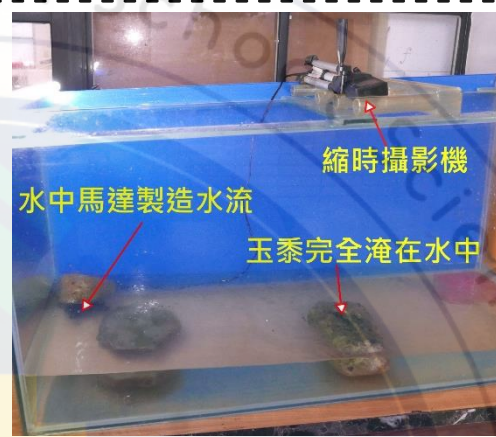
玉黍螺的聚集跟哪一類石頭沒有太大關係，應該是在於有沒有躲藏的隙縫

顆粒玉黍螺並不會因為食物而選擇躲藏處，也不會刻意往有食物的地方移動

這結果表示，並不是越高越好，也不是離水越遠越好，找到石縫躲藏是牠們離水後的主要行為

淹水後，原本在隙縫的也會爬出來，似乎說明了牠們覓食可能會在淹水的情況進行

移動行為—有浪時的移動--模擬漲退潮



不同階段

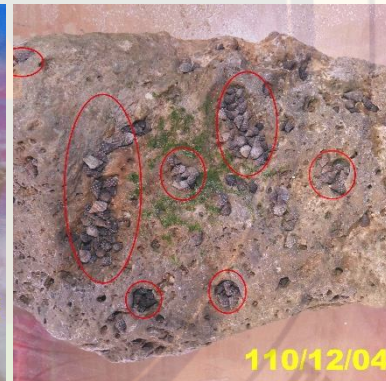
漲潮

淹沒

退潮

無水

有浪不淹



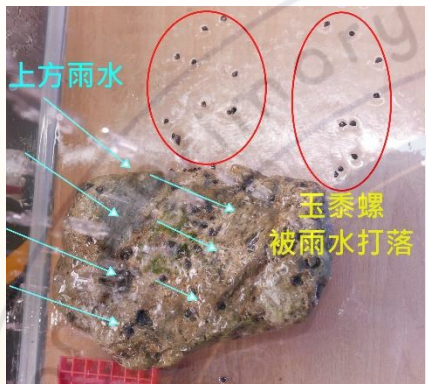
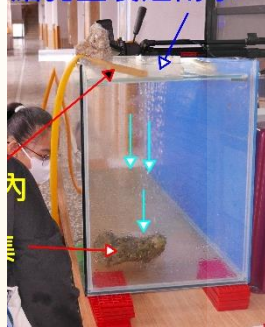
結果

潮汐階段	階段一 浪沖擊漸漸淹沒	階段二 淹沒+水流	階段三 浪沖擊水漸漸退	階段四 無浪水漸漸乾	都沒 移動
移動數量	2	90	17	25	20
比例	2%	82%	15%	23%	18%

1. 淹著水時應該是牠們重要的活動時間。
2. 浪沖擊時，會找隙縫躲藏
3. 若不碰水，可以幾個月時間不活動

移動行為—乾潮時遇到雨水沖擊

細孔盒製造雨水

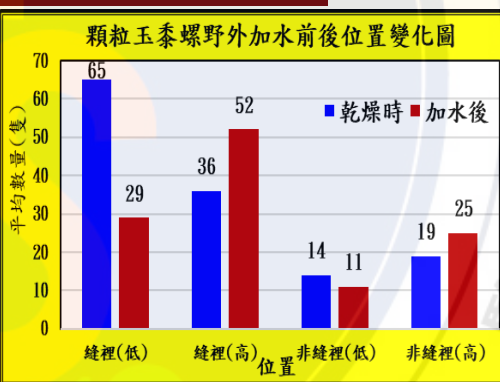
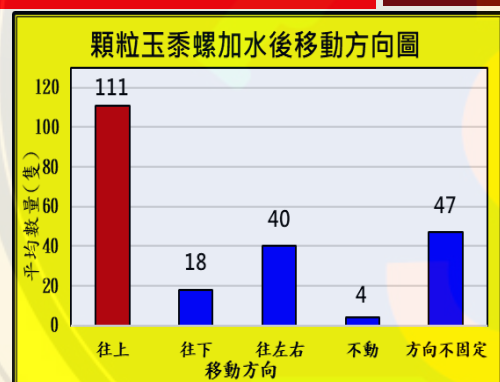


狀況	下雨時移動	下雨過後移動	脫落	總數
數量	0	50	37	163

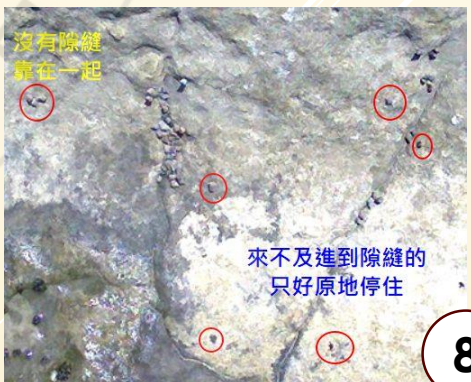
乾潮時的雨水對顆粒玉黍螺有明顯的衝擊，特別是沒有在石縫內的個體，很容易被沖落。

移動行為—野外實測

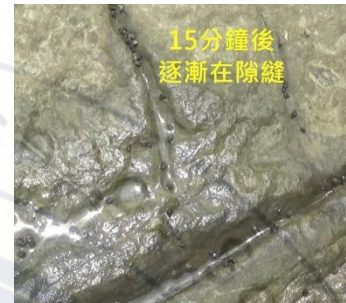
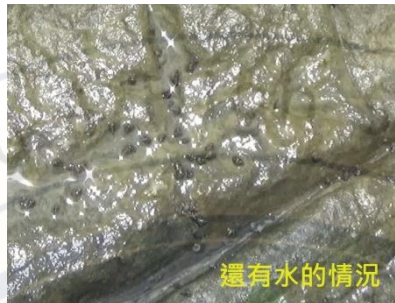
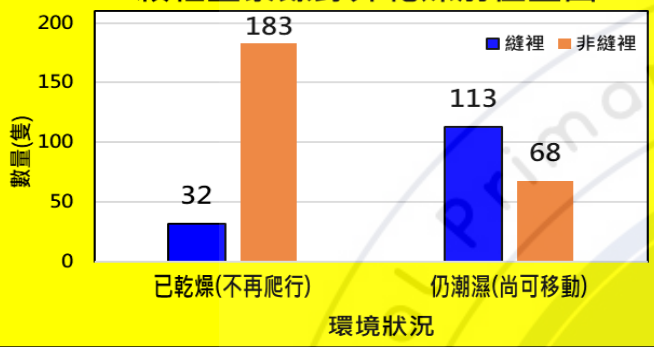
乾燥—潮濕



潮濕
—
乾燥



顆粒玉黍螺野外乾燥前位置圖



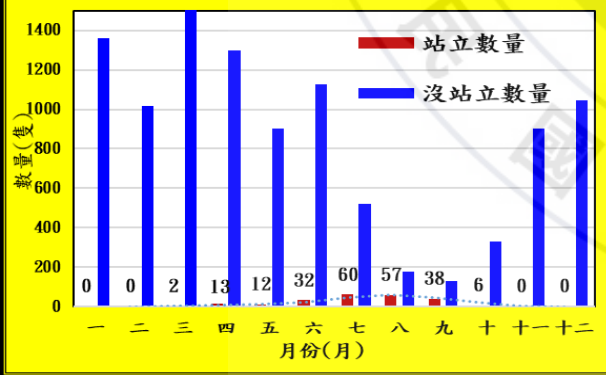
並非所有玉黍螺都能在岩石乾燥前找到縫隙躲藏，這些來不及找到的，便會停在平面上，這是不是就是牠們夏季會有站立與堆疊現象的可能原因呢？

站立與堆疊 甚麼季節出現？

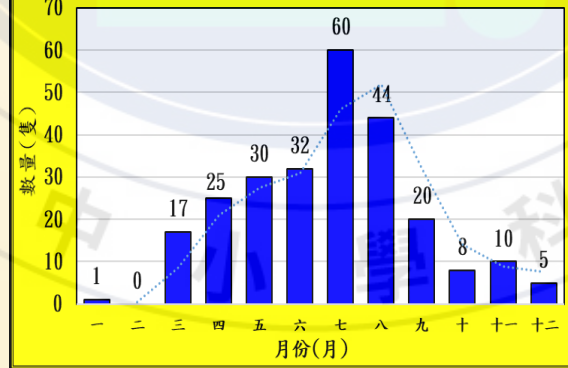


1. 不論甚麼季節，大多數玉黍螺是不站立的。
2. 四~九月便可能出現站立、堆疊。
3. 氣溫高時，站立堆疊現象較顯著。
4. 站立堆疊大多出現在還沒完全進石縫內。

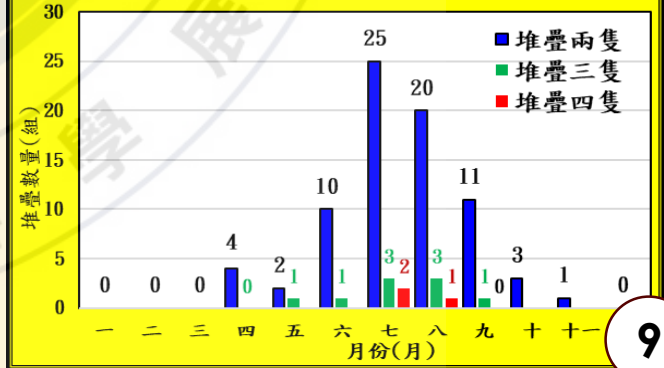
顆粒玉黍螺每月站立數量圖



顆粒玉黍螺每月不在隙縫數量圖



顆粒玉黍螺每月堆疊數量圖



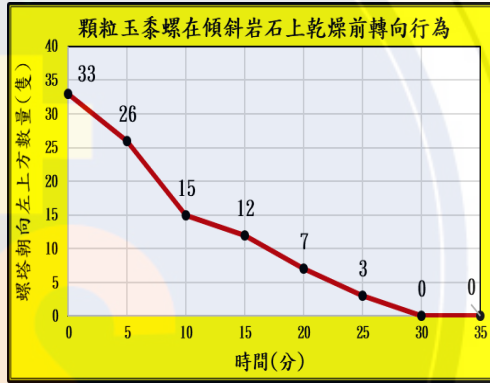
站立與堆疊

為什麼站立？

國外文獻提到，殼的站立可以讓需要渡過夏天的玉黍螺改善降溫，因此會將殼口“垂直”於岩石表面，而不是“面向”表面(Lim, 2008; Miller&Denny, 2011)



30分鐘



野外玉黍螺	螺塔方向	
	左上方	非左上方
站立(150隻)	150	0
平貼(150隻)	1	149



1. 顆粒玉黍螺在受熱乾燥前，並沒有明顯“主動”站立的行為。
2. 在垂直岩面時，牠們會避免讓自己的螺塔朝向左上方，因為這時候，黏著點會在下方，重力會造成立起來，也就是說牠們並不希望立起來，但如果乾的太快，便有可能“來不及”轉向而立起

站立與堆疊 為什麼堆疊？

國外文獻對於玉黍螺殼堆疊的解釋是高的位置溫度較低(透過紅外線溫度記錄)，玉黍螺為了降低溫度，因此會爬到另一隻上方，並將殼立起來降溫(Laurent Seuront, 2016)

假設 A

漲潮後散開，開始乾潮時，除了找石縫，也刻意尋找突起物或對象，爬高避暑(國外文獻)



乾燥前便開始在角落聚集



六次實驗中，不論上方加熱或底部加熱，都只發現“聚集”現象，並沒有“主動堆疊”行為出現。

假設 B

聚集時就有了堆疊，潮濕後開始爬行，但在上面的並沒有爬開，再度面臨乾燥時，便形成堆疊。



實驗日期	出現堆疊數量		實驗樣本總數
	過程中	乾燥後	
111/1/25	6	1	124
111/1/26	6	1	63
111/1/26	3	0	116
111/1/28	3	2	93
111/2/8	2	0	60
111/2/16	3	1	24

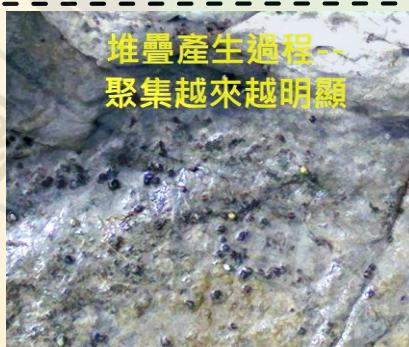
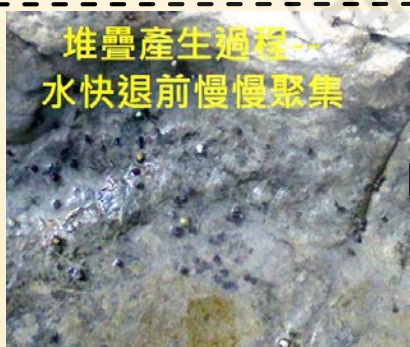
假設 C

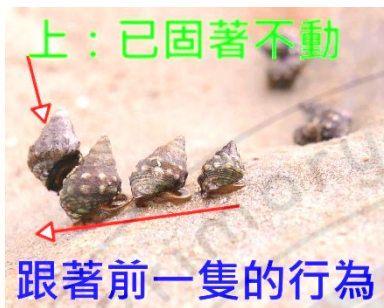
乾的太快，爬行過程中自然爬到其它玉黍螺，便爬上去，之後又面臨乾燥，因此便形成堆疊。



實驗中確實出現假設B、C的堆疊現象，但都看不出有主動爬上去的行為，比較像是“剛好”碰上或原來就在上面。

野外實測





是否堆疊	堆疊(組)		無堆疊(隻)		總數
	爬行中產生	離水前聚集	石縫內	石縫外	
玉黍螺數量	1組(2隻)	8組(16隻)	350	55	414

方式一：乾燥中距離縮短，很容易爬到別隻身上，爬上去便乾燥固定(主要方式)

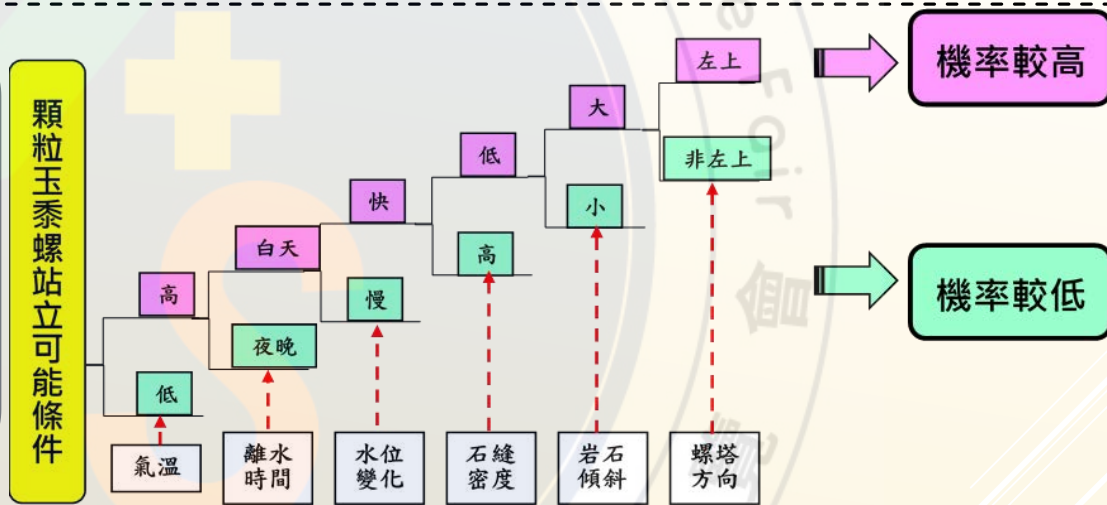
方式二：一隻跟一隻，前一隻停，後面自然爬上去(較少)

結論

Lim, Miller&Denny, Laurent 等學者提出的，玉黍螺主動站立、堆疊來降溫以適應夏季高溫的說法，應該還有討論的空間，或許確實可以降溫，但行為的出現應該不是主動的。

站立非主動

顆粒玉黍螺的站立姿勢應該不是主動行為，而是在多項外在條件情況下所出現的現象。如果可以的話，牠們會進到石縫內躲藏。



來不及

堆疊非主動

顆粒玉黍螺的堆疊應該不是主動為了散熱而產生的行為。當水乾得快時，彼此距離縮短，自然爬到對方身上。

