

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

最佳創意獎

080314

蟹謝光臨~後壁湖寄居蟹換殼計畫

學校名稱：高雄市左營區勝利國民小學

作者：	指導老師：
小六 蔡承諺	黃孟茶
小六 余霆嘉	冷秀琴
小六 林凡歲	
小六 林承毅	
小六 呂維倫	
小六 郭品陞	

關鍵詞：寄居蟹、後壁湖、換殼

摘要

陸棲寄居蟹 (Coenobita) 為台灣海岸常見的蟹類，恆春半島後壁湖地區雖已列入保護區，但周邊開發甚早，人類大量捕食貝類、螺類，寄居蟹因此無法從大自然獲取螺殼，造成中、大型寄居蟹 70% 以上背負的是脆弱、保護力差的蝸牛殼。飼養過程觀察到寄居蟹嗅覺遠勝於視覺、有弱肉強食、霸凌搶殼等生物野性，同時還發現選殼的重點除了大小之外，螺殼尾部角度是主要選擇依據，為此我們解剖螺殼做 3D 列印人工殼觀察。我們號召本地海產店響應換殼計畫，從螺殼的收集、清潔、標記到募集三千顆的海螺殼，提供後壁湖地區寄居蟹換殼，希望藉此喚起大眾對物種保護的意識。

壹、研究動機

一次夜探寄居蟹的墾丁生態課程，親眼看到正值繁殖期的寄居蟹在月光下集體向著潮水移動，場面壯觀。更令人吃驚的是---寄居蟹身上背的漂亮、堅硬螺殼早已不復存在，取而代之的是脆弱、一成不變的蝸牛殼。這種不自然的自然現象，引起我們一探究竟的動機。

貳、研究目的

- 一、了解後壁湖地區寄居蟹的生態行為。
- 二、人工飼養觀察後壁湖地區寄居蟹生態。
- 三、調查後壁湖地區蝸牛殼寄居蟹的生態成因。
- 四、募集三千顆海螺殼大計劃。
- 五、後壁湖地區換殼計畫的成效探究。

參、研究設備及器材

- 一、食物類：各類水果、蔬菜、清水、蝦米、米飯、糖果、餅乾。
- 二、材料類：粗棉手套、橡膠手套、油漆、水彩、鹽巴、海砂、鏟子。
- 三、設備類：電子追蹤器、自製頭燈、大型塑膠箱、冷凍庫、照相攝影機、尺規、電子秤。

肆、研究過程與結果討論

一、了解後壁湖地區寄居蟹的生態行為。

(一) 瞭解恆春半島寄居蟹

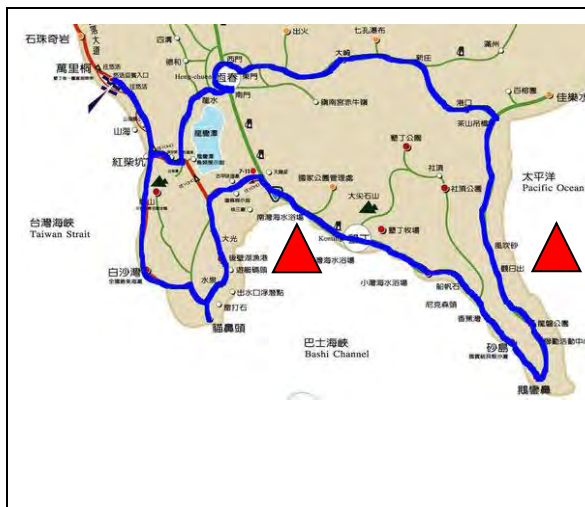
恆春半島位於臺灣屏東縣，因恆春鎮得名，是臺灣全島最南處。恆春半島三面環海，西臨臺灣海峽，南為巴士海峽，東鄰太平洋，唯有半島北端是與臺灣本島銜接，故有海洋水氣調節，且半島地形高度多數低於 800 公尺，乃為中央山脈陡降所賜而使海風可輕易越過，特此環境因素有別於臺灣本島。恆春半島亦為旅遊勝地，以墾丁國家公園著稱。由於觀光業發達，生態受到極大的衝擊，政府於當地劃設生態保護區禁止採集、捕獵。而後壁湖漁港為生態保護區之起始點，陸生寄居蟹數量龐大，因此作為此次研究的地點。(圖一)

寄居蟹常寄居於死亡軟體動物的殼中，以保護其柔軟的腹部，故名。世界上現存 500 多種寄居蟹，絕大部分生活在水中，也有少數生活在陸地。陸生寄居蟹，其幼體依然是水生的，所以陸生寄居蟹依舊需要水環境來繁殖後代，並在成長得過程中可以從海邊得到適合體型大小螺殼保護自己。因此陸生寄居蟹依然無法離開海岸太遠。儘管白天可以發現少量寄居蟹的蹤跡，但大部分寄居蟹為夜行動物。陸寄居蟹在大約二千二百萬年前，從海中登上陸地，其後腹部膜質化，皮膚進化可以吸取空氣中的酸素，並且適應了陸上的生活。本研究所稱寄居蟹指的是陸生寄居蟹(英文學名是 *Coenobita* / 俗稱 Land Hermit Crab)。(圖二)

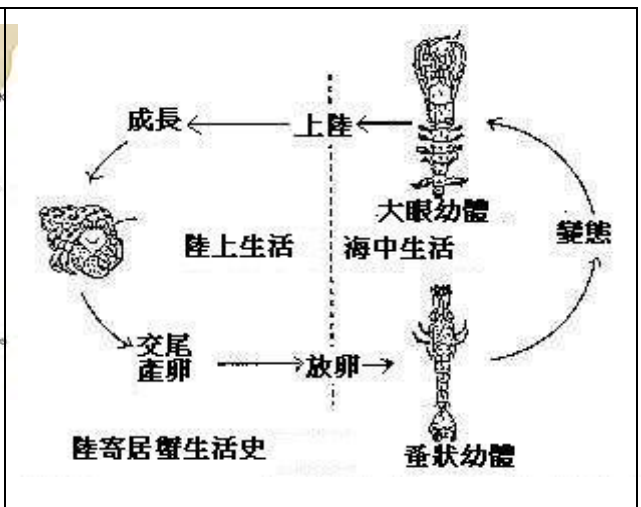
貝殼是一群「軟體動物」(Mollusks) 的殼。這群軟體動物都擁有外套膜，可以分泌碳酸鈣來形成具有保護作用的硬殼。既然貝殼的主人是這群軟體動物，那麼寄居蟹是怎麼喧賓奪主的？大部分的寄居蟹會去撿拾軟體已經死亡的空殼；某些比較霸道的寄居蟹則會直接把原本的主人吃了，大搖大擺地住進去。

陸寄居蟹屬於十足目動物，有五對腳(連兩對螯腳在內)。第一對腳稱螯腳，兩者大小不同，左螯腳較大，用來爬行和防衛，當牠們躲進螺殼裏時，左螯腳也可以作為螺殼的「封口」，這不單可以保護自己，「封口」也可以使牠們保存螺殼內的濕度。而較細的右螯則是用來攝食和爬行。

第二、三胸足是其步行足，而第四、五胸足在正常的情况下是不会露出螺壳外的。所以驟眼看来，陆寄居蟹好像只有三对脚，但其实只是第四、五胸足隐藏在螺壳内，支撑著身体，保持平衡。陆寄居蟹的腹部是不对称的右旋(大部分海生的螺壳也是右旋的，所以非常适合陆寄居蟹寄居)，而且柔软，表面没有甲壳覆盖(在螺壳中容易进出)，所以腹部必须柔向一边以利寄居於螺壳内，而且腹的尾部附有倒钩(尾节和尾肢)，可钩住壳轴，不被敌人拉出。所以陆寄居蟹必须寄居在螺壳里以保护其腹部。另外，牠们的第四和第五步足已退化(使身体更能缩入壳内)，使牠非常适合於背負貝類死後留下的空壳行动，第四和第五步足也可以用作平衡和支撑螺壳。(圖三)



(圖一) 恆春半島地圖



(圖二) 陸寄居蟹生活史



(圖三) 寄居蟹身體構造圖

(二) 後壁湖區寄居蟹調查研究

研究地點為後壁湖漁港左堤為起始點，向右延伸 300 公尺海岸線，作為研究觀察區域。此區之潮間帶至林投區約為 5~30 公尺。依序為海砂→小礫石→珊瑚礁→泥土與細砂→林投樹林。(圖四)(圖五)

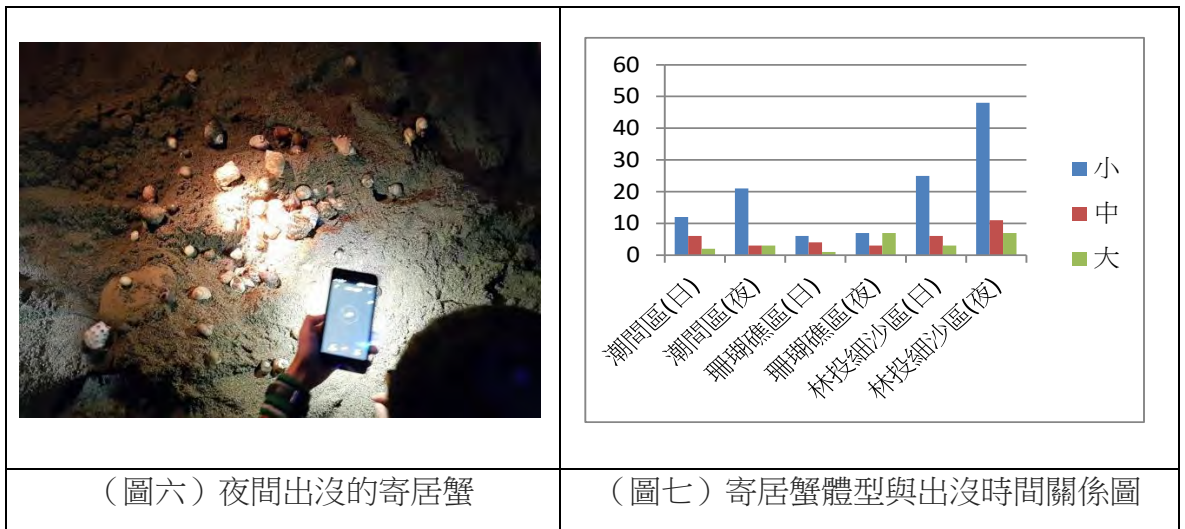


1. 後壁湖區陸生寄居蟹日夜出沒調查

調查區域內寄居蟹數量頗為可觀，很難全面清查海岸 300 公尺內大大小小的寄居蟹。於是在此區域內用繩索劃定十公尺之寬度，由潮間帶至林投區為調查區域做地毯式的採樣。測量螺殼最寬處，以一元、十元及五十元硬幣大小區分判定體型為小、中和大，採集日、夜間寄居蟹做調查。(表一)

表一、後壁湖區陸生寄居蟹日夜出沒調查記錄(單位：隻)

數量 體型	潮間區		珊瑚礁區		林投細沙區		合計
	日間	夜間	日間	夜間	日間	夜間	
小	12	21	6	7	25	48	129
中	6	3	4	3	6	11	33
大	2	3	1	7	3	7	23
合計	20	27	11	17	34	66	175
備註						★	
結果	離潮水遠的林投細沙區夜間寄居蟹最多						



調查發現：

- (1) 小型寄居蟹數量遠遠大於中型及大型蟹，其體型越大則數量越少，可見其成長過程中多數被掠食者獵殺。
- (2) 夜間出現的數量大於日間，且大型蟹多在夜間出沒，寄居蟹應近似夜行生物。(圖六)
- (3) 離潮水遠的林投細沙區數量最多，可能與林投樹提供掩蔽及食物(生物群落)來源有關。(圖七)

2. 後壁湖區陸生寄居蟹的螺殼調查

後壁湖區陸生寄居蟹寄居的螺殼經過檢拾比對螺類圖鑑，大致為下列幾種較為常見。(表二)

表二、常見後壁湖區陸生寄居蟹寄居的螺殼種類

編號	名稱	圖片	編號	名稱	圖片
1	玉女象法螺		1 1	蚶岩螺	
2	長鼻螺		1 2	栓海蜷螺	
3	燈籠法螺		1 3	球織紋螺	

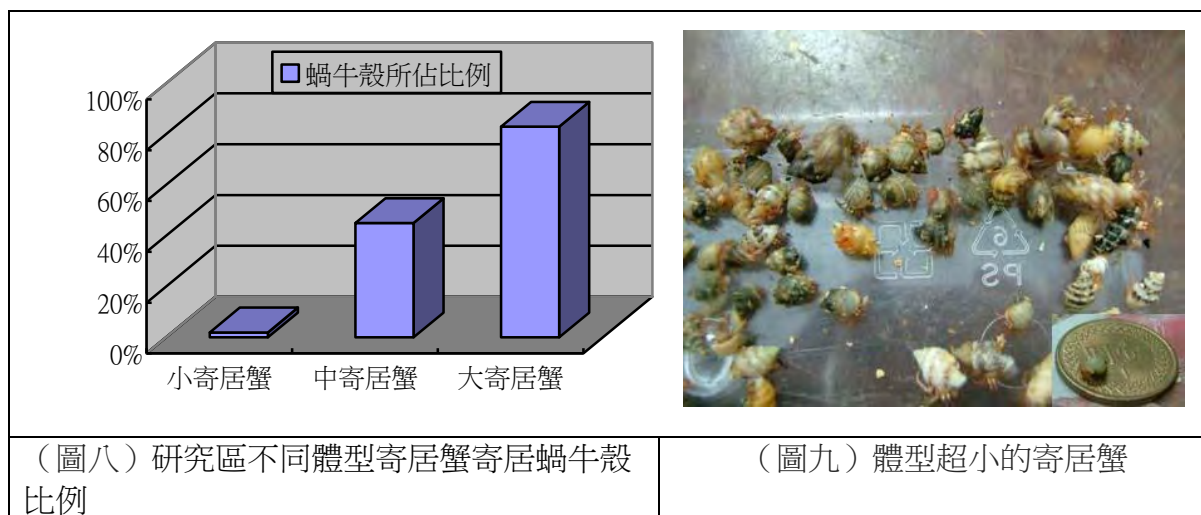
4	珠螺		1 4	鶉法螺	
5	台灣捲管螺		1 5	台灣鳳螺	
	香螺		1 6	鐵斑岩螺	
7	赤蛙螺		1 7	錐螺	
8	刺繡筆螺		1 8	寶島骨螺	
9	巴比倫捲管螺		1 9	山形鐘螺	
1 0	非洲大蝸牛				

我們以一元、五元、十元硬幣的大小做體型的分類。螺殼最寬處小於一元為小；十元為中；五十元以上為大，統計撿拾的寄居蟹螺殼。（表三）（圖八）（圖九）

（表三）撿拾的寄居蟹螺殼種類統計（單位：個）

數 種	體 量 類	小	中	大

1	玉女象法螺	0	1	0
2	長鼻螺	0	1	0
3	燈籠法螺	4	0	0
4	珠螺	11	4	2
5	台灣捲管螺	23	0	0
6	香螺	0	2	0
7	赤蛙螺	1	0	0
8	刺繡筆螺	15	0	0
9	巴比倫捲管螺	6	0	0
10	非洲大蝸牛	2	15	19
11	蚶岩螺	23	3	1
12	桂海蜷	6	0	0
13	球織紋螺	3	1	0
14	鶉法螺	0	2	0
15	台灣鳳螺	0	2	0
16	鐵斑岩螺	16	1	1
17	錐螺	3	0	0
18	寶島骨螺	2	0	0
19	山形鐘螺	14	1	0
	寄居蟹數量	129	33	23
	蝸牛殼數量	2	15	19
	蝸牛殼所佔比例	2%	45%	83%
	結果	後壁湖地區大型寄居蟹寄居蝸牛殼比例達 83%		



二、人工飼養觀察後壁湖地區寄居蟹生態。

後壁湖漁港左堤已劃定為生態保育區，經海巡署港檢所的協助，於漁港右堤（非保育區）大型垃圾桶下方抓取 21 隻大型寄居蟹，帶回人工飼養，以便就近觀察其生活習性，方便研究。

飼養時，為避免飼養密度過高，將寄居蟹分成三區，再依外觀特徵予以命名。以下為其攝取食物記錄：

(一) 人工飼養寄居蟹攝食記錄：每日放置各種不同食物，以五分鐘內寄居蟹進食的個數做紀錄，一★代表一隻，判斷其喜愛程度。(表四)

表四、人工飼養寄居蟹攝食記錄

數 量 食 物		分 區		
		第一區	第二區	第三區
1	蘋果	★★★★★★★	★★★★★★★	★★★★★★★
2	麵包	★★★★★	★★★★★	★★★★★
3	小魚乾	★★★★★★★	★★★★★★★	★★★★★★★
4	蝦米	★★★★★★★	★★★★★★★	★★★★★★★
5	生蘿蔔	★★★★★	★★★★★	★★★★★
6	米飯	★★★★	★★★★	★★★★

7	蘇打餅	★★★	★★★★★	★★★★★
8	糖果	/	★	/
9	熟豬肉片	★★★	★★	★★★
結果		寄居蟹葷、素均攝食，且生食、熟食均喜歡		

由上表可看出寄居蟹葷、素均攝食，且生食、熟食均喜歡，難怪稱為生態系的清道夫。（圖十）

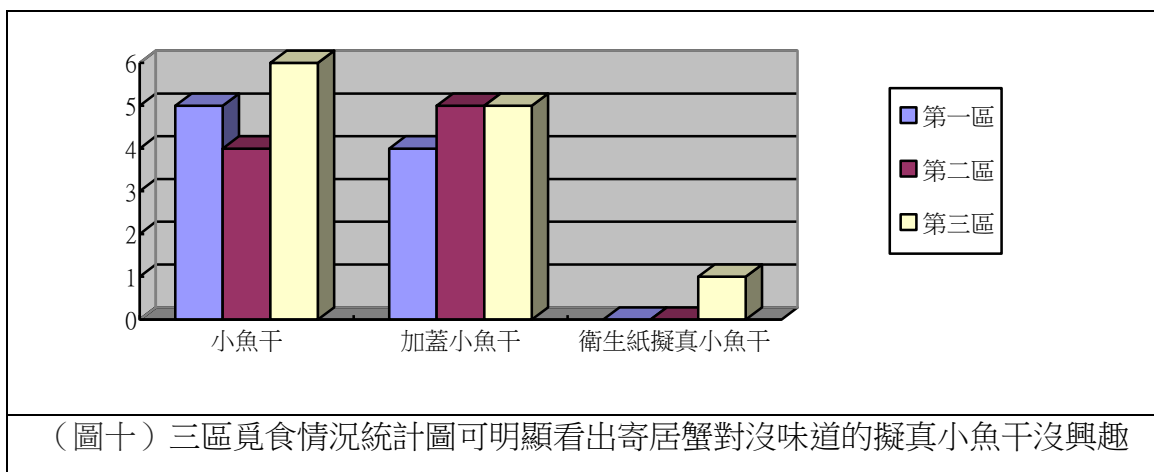
（二）人工飼養觀察寄居蟹行為探討

1. 寄居蟹覓食是仰賴視覺抑或嗅覺：以小魚干、打洞之不透明免洗杯蓋住之小魚干及衛生紙擬真小魚干三種方式，放置飼養箱一角，觀察五分鐘內寄居蟹移動靠近之情形，藉以判斷其覓食仰賴嗅覺或視覺。（一★代表一隻）

（表五）

表五、寄居蟹嗅覺、視覺覓食實驗記錄

數 食 物	分 區		
	第一區	第二區	第三區
小魚干	★★★★★	★★★★★	★★★★★★★
加蓋小魚干	★★★★★	★★★★★★★	★★★★★★★
衛生紙擬真小魚干	/	/	★
結果	魚干和加蓋小魚干均移動前往覓食，可見其嗅覺靈敏。		

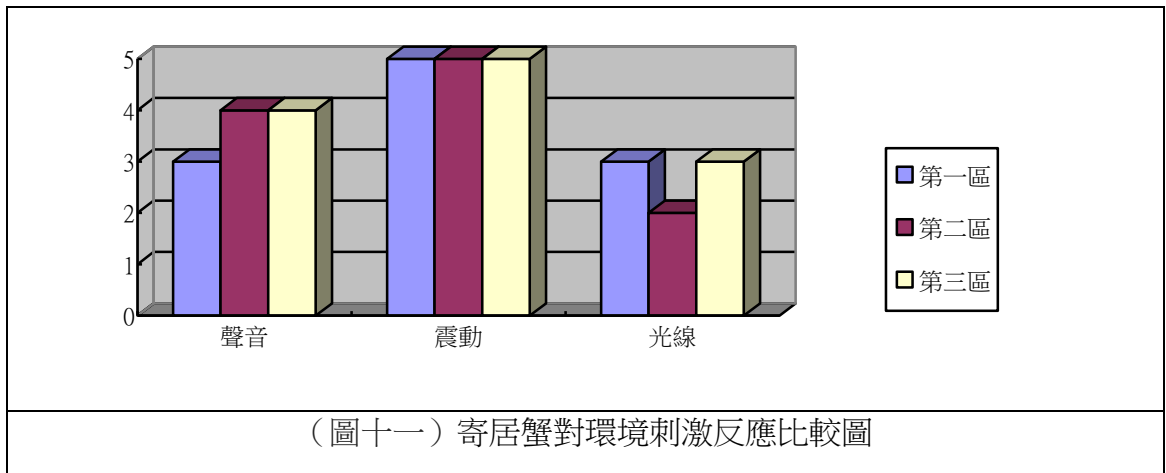


由上表發現寄居蟹無論有沒有直接看到食物，只要有魚腥味便前往覓食；看到沒有魚腥味的擬真小魚干，卻沒有覓食動作。由此判斷寄居蟹應該屬於嗅覺型動物。(圖十)

- 寄居蟹對獵食者的警戒行為反應是察覺聲音、震動抑或光線：以拍手製造聲音、跺腳製造地面震動和開關燈製造光線變化，以寄居蟹躲入殼中的動作做為警戒反應的判斷。(一★代表一隻)(表六)

表六、寄居蟹對環境刺激反應記錄

數 量 刺 激	第一區	第二區	第三區
聲音	★★★	★★★★★	★★★★★
震動	★★★★★	★★★★★	★★★★★
光線	★★★	★★	★★★
結果	寄居蟹對跺腳震動較為敏感		



由上表發現寄居蟹對聲音、地面震動抑或光線變化都有停止動作、躲入殼中的反應，其中又以震動特別敏感。(圖十一)

- 寄居蟹換殼行為研究：飼養過程發現兩次的換殼行為。主動者以兩隻螯腳抓住被動者，以殼撞擊、拉扯，直到被動者讓出所有殼為止。但主動者並不急於進入換殼，而是以螯腳探索丈量，確定合適之後再爬出原有殼，翻身進入讓出殼。(圖十二)
- 寄居蟹逃亡行為研究：飼養其間發生兩次的逃亡行為，每次逃出一隻。飼養箱 35 公分高，箱內最高點為休息區 12 公分之植栽盆，兩者高度差距很大。寄居蟹會彼此堆疊墊高最後爬出飼養箱。
- 寄居蟹是否會爭搶地盤：餵食中體型較大的寄居蟹會迅速往食物區移動，較小的不敢馬上靠近。食物區若已有小寄居蟹，大型蟹靠過來還會把小型寄居蟹推開。至於體型相當者，往往產生爭鬥。(圖十三)
- 寄居蟹逃竄失蹤如何輕易的找到：逃竄失蹤寄居蟹會躲藏在角落掩蔽，很難發現。擺放一盆水或是打開浴廁的門，當牠缺乏水分便會靠近。



(圖十二) 寄居蟹強迫換殼行為



(圖十三) 居蟹爭食蘋果

三、調查後壁湖地區蝸牛殼寄居蟹的生態成因。

(一) 恆春半島東西海岸之寄居蟹取樣調查

恆春半島三面環海，西臨臺灣海峽，南為巴士海峽，東鄰太平洋，唯有半島北端是與臺灣本島銜接。為研究蝸牛殼寄居蟹是否為後壁湖該地特有現象，研究者除了調查位於恆春半島西側的後壁湖外，同時也取樣調查位於半島東側的滿州鄉港口溪出海口附近的寄居蟹生態。

在研究所發現的蝸牛殼大多是名為非洲大蝸牛的殼。查證資料這種蝸牛是外來種。非洲大蝸牛於一九三二年日籍教授下條久馬一自新加坡將二十隻非洲大蝸牛引進，因此這一批引進的個體後來成為臺灣本島的外來種，也是目前臺灣最大型的陸生軟體動物。在林務局的生態調查中，非洲大蝸牛棲息地多在農業區及低海拔之人工造林、天然林、檳榔園、市區花圃、矮灌叢、草地、林下枯枝腐葉陰涼處、夜間雨後大量出現。

恆春半島地形高度多數低於 800 公尺，完全符合非洲大蝸牛喜愛溫暖環境的生存條件。拜中央山脈陡降所賜而使海風可輕易越過，每年冬季東北季風越過中央山脈產生加速作用形成落山風，也為後壁湖地區帶來大量的飛砂沉積形成沙灘。每年夏季由西南季風越過中央山脈產生加速作用形成落山風，來大量的飛砂形成港口村沙漠地形。所以此二區除了地理位置不同外，其緯度、地形、氣候、沙灘、山脈均極為類似，是一個適合的比較點。如果開發度較高的後壁湖地區寄居蟹使用蝸牛殼比例明顯大於開發度較低的港口村，則可以證明「寄居蟹蝸牛殼」現象與開發度有關係。

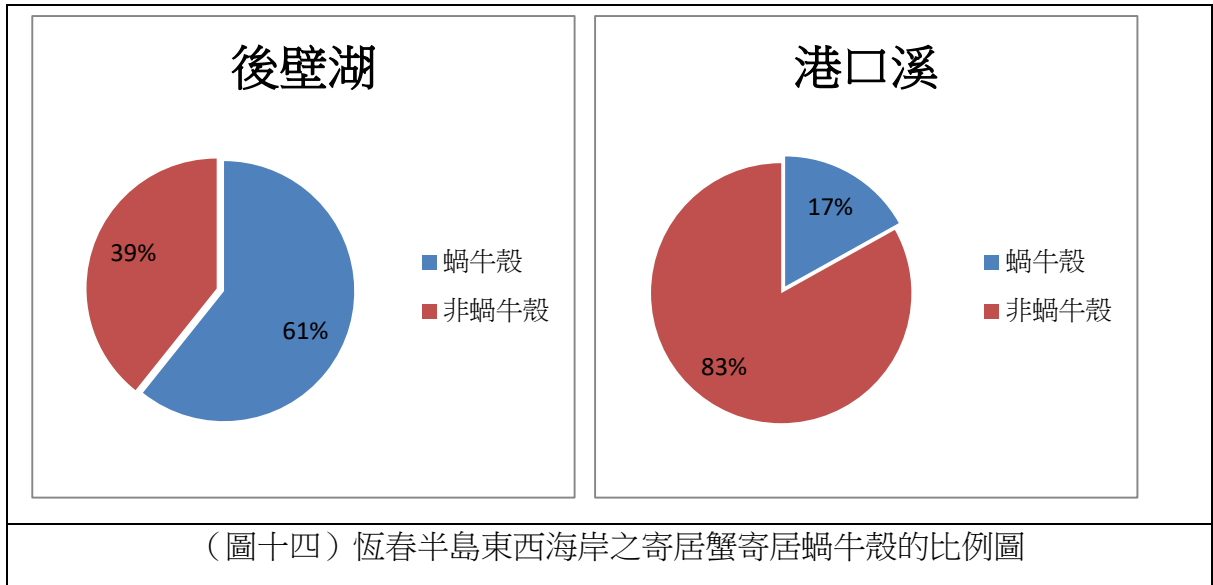
前述研究發現寄居蝸牛殼多半為中、大型寄居蟹，在此調查時將小型寄居蟹予以排除。(表七)

表七、恆春半島東西海岸之寄居蟹取樣調查記錄 (單位：隻)

數 量 體 型	區 域	後壁湖		港口溪	
		蝸牛殼	非蝸牛殼	蝸牛殼	非蝸牛殼
中		15	18	6	32
大		19	4	6	27
合計		34	22	12	59
百分比		61%	39%	17%	83%
後壁湖區蝸牛殼比例明顯高於港口溪區					

由上表可以發現中、大型寄居蟹，後壁湖區的蝸牛殼比例明顯高於港口溪區(圖

十四)



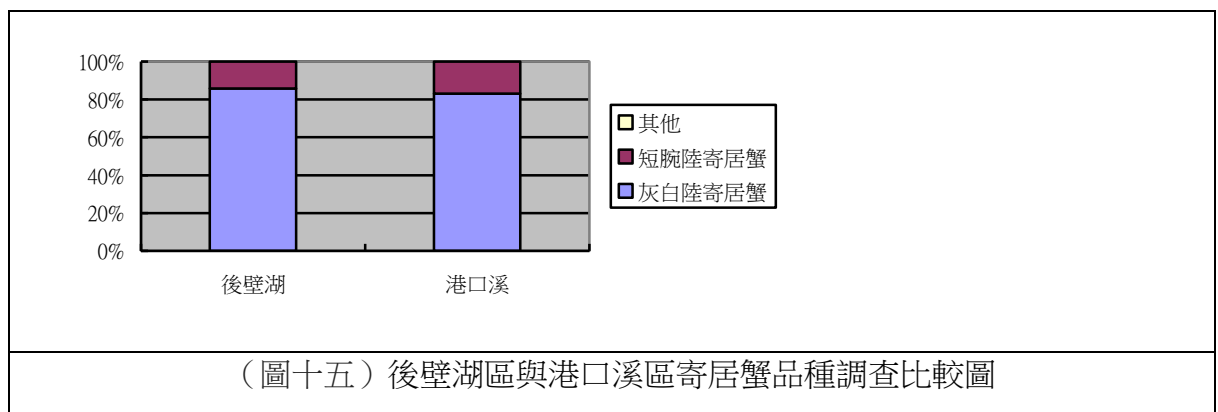
(圖十四) 恆春半島東西海岸之寄居蟹寄居蝸牛殼的比例圖

(二) 恆春半島東西海岸二區寄居蟹品種分析比較

後壁湖寄居蟹蝸牛殼化，是否與寄居蟹品種不同而受影響。在此我們調查採樣的同時，也對取得的寄居蟹對照圖鑑，判斷品種。(表八)(圖十五)

表八、後壁湖、港口溪路生寄居蟹品種調查紀錄(單位：隻)

數 種 類	區域	後壁湖	港口溪
灰白陸寄居蟹		48	59
短腕陸寄居蟹		8	12
其他		/	/
合計		56	71
結果	後壁湖區與港口溪區寄居蟹品種未有顯著差異		



(圖十五) 後壁湖區與港口溪區寄居蟹品種調查比較圖

經由實際調查恆春半島後壁湖區與港口溪區寄居蟹品種均相同，但蝸牛殼的比

例在後壁湖地區卻明顯偏高，可見寄居在蝸牛殼是後壁湖區特有現象。可能與該區觀光業興盛飾品業、海產業發達導致大量海螺殼消失有關。(圖十六)(圖十七)



四、募集三千顆海螺殼大計劃。

在飼養寄居蟹的同時，我們開始進行募集三千個海螺殼的行動。後壁湖區的螺殼大量減少的原因是人類大量採食海螺，在食用後並沒有回歸到大海。如果能夠將食用後的螺殼放回海灘，我們認為可以幫助寄居蟹找到合適的殼。後壁湖地區海產店，雖然容易取得當地的螺殼，但由於距離遙遠，不利於長期實施。而交通方便的高雄市中心區海產店卻少有販賣螺類，因此我們選擇離我們較近、螺類最多、店家最集中的旗津地區，作為募集螺殼的基地。我們進行中遭遇困難如下：

(一) 募集三千顆海螺殼

1. 印製海報，邀請海產店業者共襄盛舉：旗津地區每逢假日人潮洶湧，店家應接不暇。可能無法抽空接待，因此我們採用書面海報方式表達訴求，希望獲得支持，並在百忙之中給予協助。(圖十八)
2. 收集螺殼：我們每週末專車前往旗津地區海產店做收集。但食用過螺殼內部往往殘留大量未取出的螺類腹部、醬汁、調味料，無法完全清洗乾淨(圖十九)。存放一段時間後產生的臭味也讓店家十分困擾。各個店家採用的保存方式各有巧妙：(表九)
 - (1) 冷藏保存：可以保存五~七天，超過期限仍然很臭。
 - (2) 冷凍保存：效果最好，但店家擔心污染食材。
 - (3) 濃鹽水保存：浸泡在飽和食鹽水中抑制細菌滋生。此法實施很方便，但引來大量的蒼蠅，似乎不太合用。
 - (4) 漂白水保存：刺激藥味與腥味混合，很噁心。

- (5) 清潔劑保存：將螺殼浸泡在加了清潔劑的水中。惡臭、蚊蠅成群，不合用。
- (6) 濃鹽水換水保存法：浸泡在食鹽水中會產生硝化菌分解螺肉，每兩天換水二分之一，再加鹽巴維持一定濃度，連續約二星期，螺殼會乾淨。過程中產生的臭味最少。

表九、螺殼保存方式比較

優缺		優點	缺點	實用性
保存				
1	冷藏保存	<ul style="list-style-type: none"> ■實施方便 ■保存較長 ■沒有臭味 	<ul style="list-style-type: none"> ■超過七天時產生異味 ■可能污染食材 ■佔用空間 	好
2	冷凍保存	<ul style="list-style-type: none"> ■實施方便 ■保存較長 ■沒有臭味 	<ul style="list-style-type: none"> ■可能污染食材 ■佔用空間 	好
3	濃鹽水保存	<ul style="list-style-type: none"> ■抑制細菌滋生 ■實施方便 	<ul style="list-style-type: none"> ■氣味不好 ■引來大量的蒼蠅 	
4	漂白水保存	<ul style="list-style-type: none"> ■實施方便 	<ul style="list-style-type: none"> ■刺激藥味與腥味混合 ■引來大量的蒼蠅 	
5	清潔劑保存	<ul style="list-style-type: none"> ■實施方便 	<ul style="list-style-type: none"> ■產生惡臭 ■引來大量的蒼蠅 	
6	濃鹽水換水保存法	<ul style="list-style-type: none"> ■水質清澈 ■臭味較少 	<ul style="list-style-type: none"> ■兩天換一次水較麻煩 ■需要時間較長 	好



(圖十八) 印製海報，邀請海產店業者共襄盛舉



(圖十九) 收集並清洗螺殼

3. 清洗：首先以水柱清除表面菜渣，再以清潔劑去除表面油污。但從各店家收集到的螺殼均已經擺放一段時間，一從容器中取出，惡臭令人難以忍受。
4. 除肉：螺殼內殘存大量未食用完畢的螺肉，如果不去除便無法除臭。我們以濃鹽水換水保存法連續實施兩週去除殼內的螺肉，成效不錯。(圖二十)
5. 曬乾：在烈日下曝曬，且必須翻面將殼內積水倒出，持續二天。(圖二十一)
6. 收殼：由於螺殼處理後均經過一周左右的曝曬，保存在漂白水或清潔劑的螺殼化學刺激味道大多消失，但腥臭味依然不減。
7. 標記：收集到的螺殼都要做上標記，而殼上非常光滑，一般的原子筆和油性筆標示效果不佳，必須塗上一層較厚的油漆才能作標示。而標示完畢之後還得靜置一天待乾。(圖二十二)



(圖二十) 以濃鹽水換水保存法連續實施兩週去除殼內的螺肉。



(圖二十一) 在烈日下曝曬，且必須翻面將殼內積水倒出。



(圖二十二) 螺殼塗上油漆做標記



(圖二十三) 螺殼耐撞擊測試

(二) 海螺殼與蝸牛殼耐撞擊之比較

螺殼的作用主要在保護裡面脆弱的身體，因此保護力的強弱是選殼的重要因素。蝸牛殼除了色彩單調外，其對寄居蟹的保護程度可能也不夠，以下是蝸牛殼與我們收集到的鳳螺殼與鶉螺殼做耐撞擊測試比較實驗：

1. 使用釣魚用五錢重（約 23.5 公克）的球形鉛丸當撞擊物。
2. 以 2 公尺長的透明塑膠管導引控制鉛丸的墜落方向及撞擊點。
3. 縫衣線綁住鉛丸，調整墜落高度，以製造不同的撞擊力度。
4. 同一螺殼同一高度撞擊三次
5. 觀察記錄螺殼、蝸牛殼受損情形。(表十)(圖二十三)(圖二十四)

表十、海螺殼與蝸牛殼耐撞擊之比較紀錄

受 損 高 度 種 類	鳳螺	蝸牛	蚵岩螺	褐帶鶉螺
30	×	×	×	×
60	×	一些碎片	×	×
90	×	一些碎片	×	×
120	×	很多碎片	×	×
150	×	更多碎片	×	×
180	留下撞痕	碎裂	留下撞痕	×
200	留下撞痕	爆開	留下撞痕	留下撞痕
結果	蝸牛殼較其他海螺殼保護力更差			

(三) 海螺殼與蝸牛殼耐酸雨之比較

「酸雨」顧名思義，雨是酸的。在化學上定義水之 pH(酸鹼)值等於七為中性，小於則是酸性。自然大氣中含有大量二氧化碳，二氧化碳在常溫時溶解於雨水中並達到氣液相平衡後，雨水之酸鹼值 5.6，因此大自然的雨水是酸的。台灣地區降下的雨水酸鹼值經常達到 5 以下。殼的主要成分為碳酸鈣，屬於鹼性物質，遇到酸雨容易被侵蝕。本實驗旨在研究螺殼遭遇酸雨之後對寄居蟹保護力的影響。

1. 雪碧汽水的酸鹼值為 3.5。而台灣地區曾經降下酸鹼值為 3.7 酸雨，因此本實驗採用雪碧代替酸雨。

- 將螺殼秤重紀錄之後浸泡在雪碧之中七天。
- 一周之後取出螺殼進行烘乾並測量重量，比較前後重量差異並做紀錄。
- 同一螺殼同一高度撞擊三次觀察記錄螺殼、蝸牛殼受損情形。(表十一)(圖二十五)

表十一、酸雨對螺殼影響比較紀錄

受 高 度	種 類 損	鳳螺	蝸牛	蚵岩螺	褐帶鶉螺
浸泡前重量		13	4	24	30
浸泡後重量		13	4	24	30
外觀		變白	變白	變白	變白
撞擊實驗		×	120公分爆開	×	×
結果	蝸牛殼較其他海螺殼耐酸雨保護力更差				



(圖二十四) 蝸牛殼爆裂而岩螺殼在撞擊點輕微受損



(圖二十五) 雪碧汽水浸泡之後明顯變白

五、後壁湖地區換殼計畫的成效探究。

換殼計畫的實施必須先經過募集、清洗、標記，之後再移往後壁湖施放。但通常海產店一盤海螺也不過一、二十顆，想一次就募滿三千顆確實不可能。我們共經四趟募集、清洗、曬乾、標記。分三梯次送往研究地後壁湖施放。施放期間前往救國團墾丁青年活動中心專員黃淑鳳所設置的「寄居蟹快樂天堂」參觀學習，希望能把計畫做的更好。(圖二十六)



(圖二十六) 墾丁青年活動中心蟹殼交換中心



(圖二十七) 圈地置放標記殼

(一) 首次的換殼成效

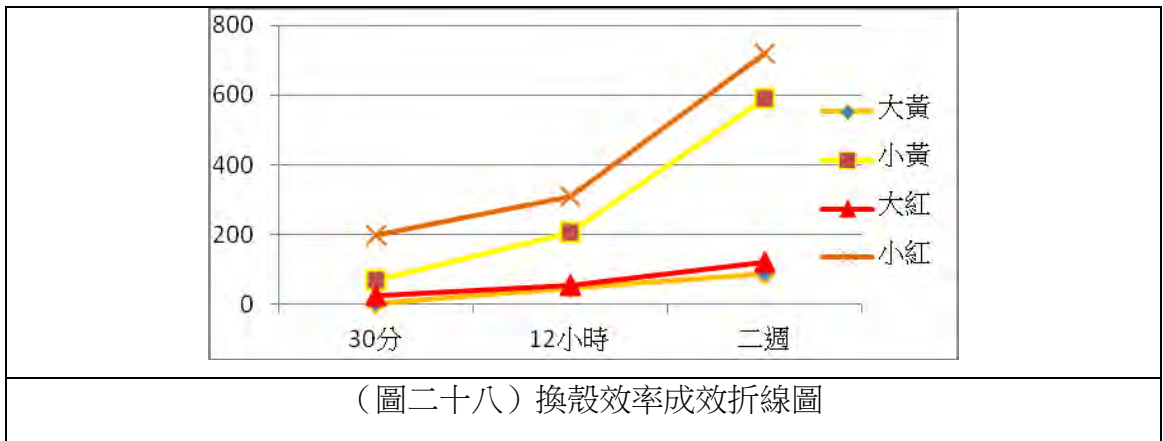
1. 因為螺殼數量龐大，為加快區分螺殼的大小，我們簡化的區分為十元硬幣以下為小殼、五十元硬幣以上為大殼
2. 設立兩個放置地點，標記以紅、黃做區分。
3. 以塑膠繩圍出長寬各一公尺的界線，標記的螺殼放置其中。(圖二十七)
4. 記錄放置螺殼的大小及數量
5. 放置後三十分鐘記錄第一次；隔日再記錄第二次；一週之後記錄第三次。

(表十二)

表十二、第一次換殼效率成效紀錄 (單位：隻)

數 量 時 間	標 記	大黃	小黃	大紅	小紅
投入量		90	590	120	721
30分		3	69	24	198
12小時		48	206	56	309
一週		90	590	120	721
換殼率		100%	100%	100%	100%
一週之內放置的海螺殼全數換完					

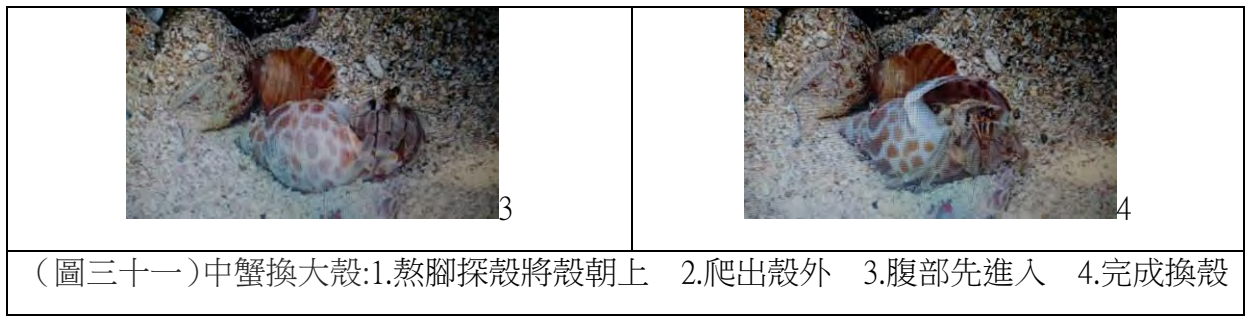
由上表可以看出投入標記殼之後的三十分鐘內有部分換殼，但十二小時之後則達到近一半換殼，經過一週的時間則全部換殼完畢。可見當地寄居蟹缺殼的嚴重程度。(圖二十八)



觀察與討論：

1. 圈地集中置放標記殼，寄居蟹的嗅覺非常靈敏，就算在黑夜中，短短的時間內竟然可以從四面八方向換殼地點集結。
2. 剛換好螺殼的寄居蟹被中途攔截，出現數蟹爭搶一殼。(圖二十九)
3. 一週之內全數換完，一顆不剩，可見當地寄居蟹喜歡我們提供的海螺殼。
4. 換殼之後現場留下數量不少的蝸牛殼和些許破損的海螺殼，其大小與我們提供的標記殼大小相差不大，可直接判斷為換殼行為。但四周發現遺留數量龐大的小殼（直徑一公分以下），與我們提供的標記殼體型差距很大，不太可能是小蟹直接換大殼。推測為中蟹換大殼留下中殼；小蟹換中殼留下小殼；小小蟹換小殼留下小小殼。如果推測屬實，則一顆標記殼可以提供 2~5 次的換殼機會。(圖三十)(圖三十一)





(二) 以現場採集標記蟹推估後避湖區寄居蟹數量

1. 實施第二次換殼時，尋找第一次的標記殼寄居蟹，藉以推估族群數量。
2. 利用夜間大型寄居蟹出沒的特性，將研究地區 300 公尺海岸分為三區，採地毯式的搜索記錄標記殼與非標記殼的數量。
3. 第一次標記殼之換殼數為 1521 顆。
4. 採集之標記蟹與寄居蟹數量加以記錄。(表十三)

表十三、採集寄居蟹之標記殼數量記錄(單位：隻)

	第一區	第二區	第三區
寄居蟹數量	86	121	87
標記殼數量	0	1	1
標記殼比例	0%	0.8%	1.1%
三區合計標記殼約佔 1.9%，推估中大型寄居蟹約 8 萬隻			

觀察與討論：

1. 夜間視線不良，小蟹不容易被發現，所以搜尋寄居蟹以中大型為主。
2. 海岸林投區進入困難，因此調查區域不包括此區，取樣有可能失真。
3. 使用群落推估法可以算出該區數量，但有可能大型寄居蟹移動範圍更廣，離開我們的計數區域，因而造成數量推估的偏差。
4. 採集中意外發現兩隻有標記的寄居蟹，但此標記並非我們做的，可見該地區做研究的單位還不少。(圖三十二)

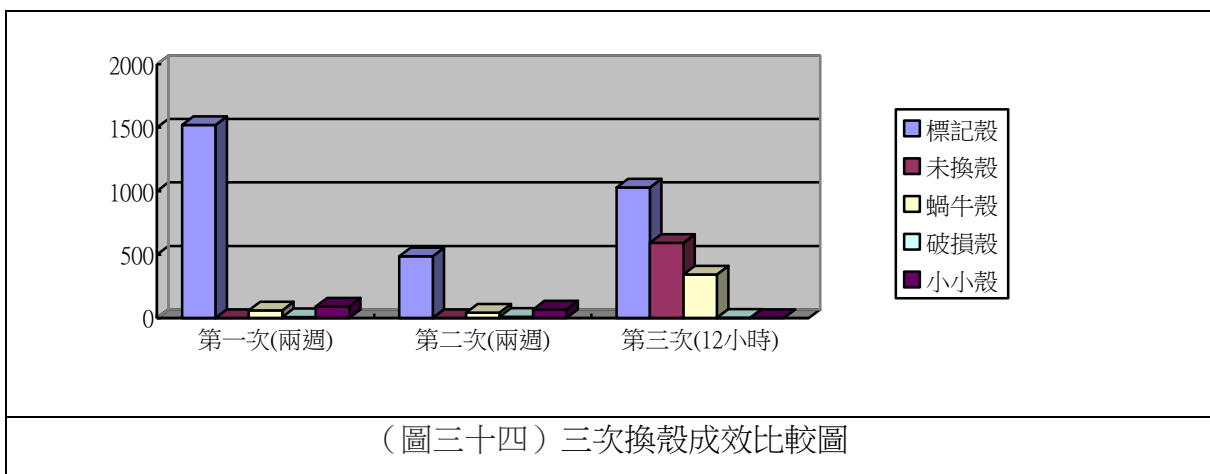
依此區域標記/未標記寄居蟹比例來計算，短短 300 公尺內便有大約 8 萬隻的寄居蟹，顯見此區生氣勃勃，就是缺乏海螺殼。



(三) 換殼成效檢討

表十四、三次換殼成效紀錄 (單位：隻)

	第一次(兩週)	第二次(兩週)	第三次(12 小時)
標記殼	1521	488	1028
未換殼	0	2	592
蝸牛殼	61	43	345
破損殼	8	11	3
小小殼	93	68	2



1. 前兩次換殼記錄均為實施後兩週才計算，寄居蟹有充分時間換殼。而第三次因為行程安排的關係只經過十二小時。
2. 觀察發現，換上標記殼而遺留下來的舊殼會被其他寄居蟹使用，所以遺

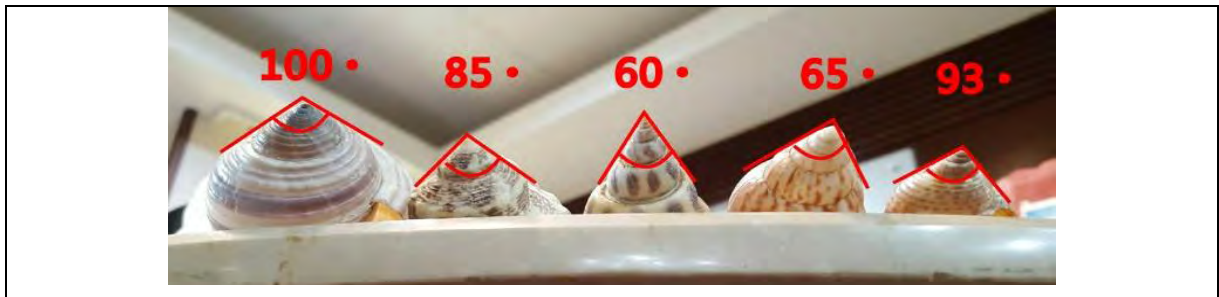
留下的蝸牛殼、破損殼數量遠低於消失的標記殼數量。(圖三十三)(圖三十四)

3. 剛換好螺殼的寄居蟹出現被中途攔截，數蟹爭搶一殼。
4. 現場遺留小小殼若加上蝸牛空殼、破損殼，其總和應當與標記殼消失數量相當，但在觀察採集中卻遠遠少於標記殼消失量。此一現象值得研究。
5. 進行採集時檢拾到兩顆到其他研究單位的標記殼，說明此區為寄居蟹研究熱區。

(四) 殼尾角度是選殼依據



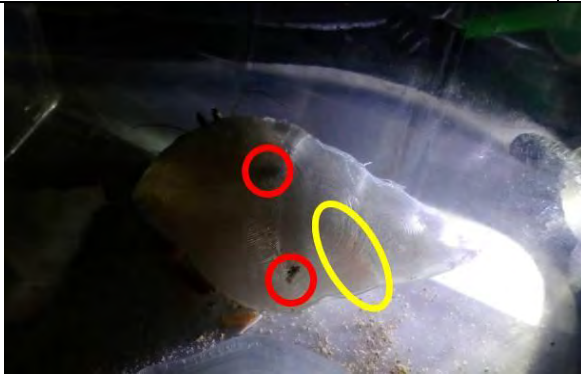

在執行換殼計畫時發現螺殼殼尾角度過大寄居蟹不會挑選做殼。在換殼區裏殼尾角度大的褐帶裙螺完全沒有寄居的現象<推測角度過大時，第四、五胸足無法頂到螺殼，不適宜寄居。(圖三十五) 但有文獻記載寄居蟹寄居在寶特瓶蓋破酒瓶等特殊容器裡與我們的結論並不吻合於是我們作了以下實驗

1. 解剖螺殼觀察內部構造。
2. 用 3D 列印技術列印各種不同殼尾角度的螺殼供其換殼。(圖三十六)
3. 利用非傷害性方法使寄居蟹進入人造螺殼。(圖三十七)
4. 以手電筒打光進入半透光之螺殼觀察寄居蟹殼內寄居狀況。



(圖三十五) 殼尾角度過大，寄居蟹不會挑選做殼



	
<p>(圖三十八) 長窄型螺殼 3~4 個螺室</p>	<p>(圖三十九) 扁寬型螺殼第二螺室幾乎密合</p>
	
<p>(圖四十) 第四、五胸足頂在一、二螺室牢牢頂住，腹部捲曲在二、三螺室內</p>	<p>(圖四十一) 寄居蟹在螺殼位置示意圖</p>

從上述實驗可以發現

1. 螺殼角度小於 90° 的蝸牛殼、鳳螺殼殼內大約有螺旋螺室 3~4 個；但角度大的裙螺只有兩個螺室(第二螺室幾乎密合)。(圖三十八)(圖三十九)
2. 寄居蟹需要大約兩個螺室來容納身軀，第四、五胸足頂在第一、二螺室間。殼尾角度小的螺殼屬於長窄型，容易背負；殼尾角度大螺殼呈扁寬型，容納空間不足且不容易施力背負。(圖四十)(圖四十一)
3. 瓶蓋、破酒瓶或大角度螺殼之寄居情況應為特例，如有適當螺殼可供挑選，應該會選擇殼尾角度不大的螺殼。

伍、結論

在飼養寄居蟹將近六個月及實施寄居蟹換殼計畫的過程中我們對寄居蟹的行為有相當深刻獨到的看法，因此在研究中我們提出的結論如下：

- 一、陸生寄居蟹雖移往陸地遷移發展，在水中甚至會溺死。但其幼體依然是水生，且在成長過程中可以從海邊得到適合體型大小螺殼保護自己。因此活動範圍仍無法離海邊太遠。
- 二、陸生寄居蟹為近夜行性生物，體型碩大者僅在晚上出沒，而體型小的在白天夜晚都可見蹤影。
- 三、寄居蟹為雜食性且生、熟不忌，是良好的清道夫，在生態圈中不可或缺。
- 四、寄居蟹的嗅覺遠較視覺靈敏，只要聞到味道，縱使加以遮蓋，仍然前往覓食。而一般釣魚用擬餌，則不感興趣。顯見長得像而味道不到，牠也不吃。
- 五、寄居蟹會利用撞擊、拉扯，強迫同類讓殼。而餵食時也會發生體型大者逼迫體型小者離開覓食區。
- 六、同為恆春半島，後壁湖區寄居蟹大多為蝸牛殼，而港口溪區寄居蟹殼種類及色彩均更豐富，顯見此一現象是人為造成。
- 七、海螺殼在硬度及耐酸雨程度遠高於蝸牛殼，保護能力佳。
- 八、每投入一顆海螺殼可以產生 2~5 次的連鎖換殼行為。
- 九、要寄居蟹移居 3D 列印殼，使用網路流傳加熱殼尾、強力拉扯的方式反而躲的更深無法達到目的。只要將螺殼倒立黏住使其不能移動，在四下無人時便會自動進入。
- 十、寄居蟹選殼最大的關鍵在殼尾的角度，殼尾角大過 93° ，第二螺室空間成扁平狀，不利第四、五胸足施力，便不輕易進駐。

陸、討論

- 一、海螺殼的種類很多，但鳳螺因人工養殖的關係，容易大量取得。所以本換殼計畫所募得的鳳螺殼除了保護力提升外，色彩及樣式略顯單調。
- 二、鹽水浸泡螺殼會產生腐臭味，若能附上水族館所使用的蛋白機去除臭味，未來可再加研究改善。
- 三、換殼計畫實施同時還能搭配追蹤器，透過追蹤訊號便能清楚了解做寄居蟹活動範圍。我們也一度採用，可惜追蹤器低階，訊號感應不佳功虧一簣。

四、螺殼尾端角度與寄居蟹選殼條件密不可分，往後可朝此方向更精進研究。

柒、參考資料

一、中文書籍

游祥平 / 符菊永 (1991) · **臺灣的寄居蟹** · 台北市：南天書局。

李榮祥 (2009) · **台灣賞蟹情報** · 臺北市：大樹文化事業。

何平合 (2003) · **墾丁國家公園的海岸林陸蟹** · 屏東縣：內政部營建署墾丁國家公園管理處。

二、網路資源

陸寄居蟹研究室 (2003)： **新手飼養入門**

<http://www.tonycoenobita.com/index.html>

聯合報 (2006) · **幫寄居蟹找新家** · 取自

<http://a.udn.com/focus/2015/10/23/13625/index.html>

綠島永續行動資訊網 · **蟹類生態監測** · 取自

http://ecorridor.biodiv.tw/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=13&Itemid=31

【評語】 080314

此作品呈現後壁湖地區陸棲寄居蟹的生態調查結果，調查種類詳盡。內容中比較有趣的亮點為探討殼尾角度是寄居蟹選殼的依據因子，試驗結果發現寄居蟹不偏好角度過大的殼，此結果與野外發現寄居蟹利用酒瓶蓋為殼的現象相反，因而推論野外寄居蟹不易覓得適合的殼換殼。利用社區資源募集螺殼，幫助寄居蟹換殼以延續生態。能從觀察筆記做到生物標記，並藉此統計生物數量，結構完整。資料分析及處理可以更仔細，避免過度推論。

作品海報

蟹謝光臨 後壁湖寄居蟹換殼計畫



摘要

陸棲寄居蟹 (Coenobita) 為台灣海岸常見的蟹類，恆春半島後壁湖地區雖已列入保護區，但周邊開發甚早，人類大量捕食貝類、螺類，寄居蟹因此無法從大自然獲取螺殼，造成中、大型寄居蟹70%以上背負的是脆弱、保護力差的蝸牛殼。飼養過程觀察到寄居蟹嗅覺遠勝於視覺、有弱肉強食、霸凌搶殼等生物野性，同時還發現選殼的重點除了大小之外，螺殼尾部角度是主要選擇依據，為此我們解剖螺殼做3D列印人工殼觀察。我們號召本地海產店響應換殼計畫，從螺殼的收集、清潔、標記到募集三千顆的海螺殼，提供後壁湖地區寄居蟹換殼，希望藉此喚起大眾對物種保護的意識。

壹、研究動機

一次夜探寄居蟹的墾丁生態課程，親眼看到正值繁殖期的寄居蟹在月光下集體向著潮水移動，場面壯觀。更令人吃驚的是---寄居蟹身上背的漂亮、堅硬螺殼早已不復存在，取而代之的是脆弱、一成不變的蝸牛殼。這種不自然的自然現象，引起我們一探究竟的動機。

貳、研究目的

- 一、了解後壁湖地區寄居蟹的生態行為。
- 二、人工飼養觀察後壁湖地區寄居蟹生態。
- 三、調查後壁湖地區蝸牛殼寄居蟹的生態成因。
- 四、募集三千顆海螺殼大計劃。
- 五、後壁湖地區換殼計畫的成效探究。

參、研究設備及器材

- 一、食物類：各類水果、蔬菜、清水、蝦米、米飯、糖果、餅乾。
- 二、材料類：粗棉手套、橡膠手套、油漆、水彩、鹽巴、海砂、鏟子。
- 三、設備類：電子追蹤器、自製頭燈、大型塑膠箱、冷凍庫、照相攝影機、尺規、電子秤。



肆、研究過程與結果討論

一 了解後壁湖地區寄居蟹的生態行為。

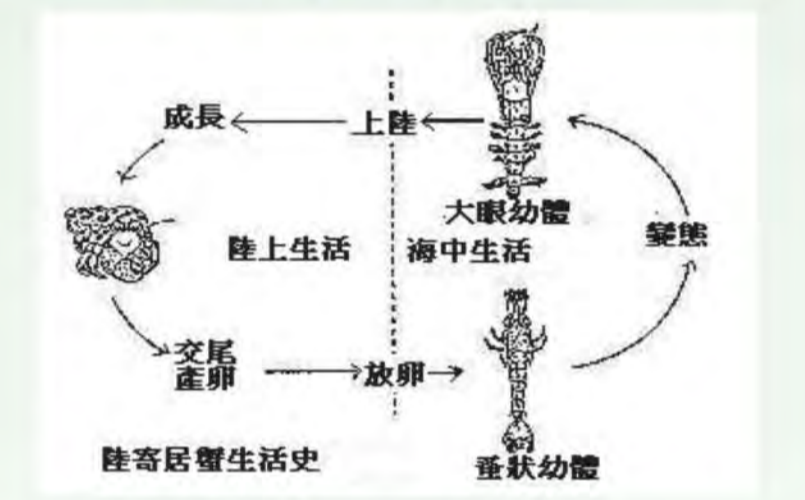
(一) 瞭解恆春半島寄居蟹

恆春半島位於臺灣屏東縣，因恆春鎮得名，是臺灣全島最南處。恆春半島三面環海，西臨臺灣海峽，南為巴士海峽，東鄰太平洋，唯有半島北端是與臺灣本島銜接，故有海洋水氣調節，且半島地形高度多數低於800公尺，乃為中央山脈陡降所賜而使海風可輕易越過，特此環境因素有別於臺灣本島。恆春半島亦為旅遊勝地，以墾丁國家公園著稱。由於觀光業發達，生態受到極大的衝擊，政府於當地劃設生態保護區禁止採集、捕獵。而後壁湖漁港為生態保護區之起始點，陸生寄居蟹數量龐大，因此作為此次研究的地點。(圖一) 寄居蟹常寄居於死亡軟體動物的殼中，以保護其柔軟的腹部，故名。世界上現存500多種寄居蟹，絕大部分生活在水中，也有少數生活在陸地。陸生寄居蟹，其幼體依然是水生的，所以陸生寄居蟹依舊需要水環境來繁殖後代，並在成長過程中可以從海邊得到適合體型大小螺殼保護自己。因此陸生寄居蟹依然無法離開海岸太遠。儘管白天可以發現少量寄居蟹的蹤跡，但大部分寄居蟹為夜行動物。陸寄居蟹在大約二千二百萬年前，從海中登上陸地，其後腹部膜質化，皮膚進化可以吸取空氣中的酸素，並且適應了陸上的生活。本研究稱寄居蟹指的是陸生寄居蟹(英文學名是Coenobita / 俗稱Land Hermit Crab)。(圖二)

貝殼是一群「軟體動物」(Mollusks)的殼。這群軟體動物都擁有外套膜，可以分泌碳酸鈣來形成具有保護作用的硬殼。既然貝殼的主人是這群軟體動物，那麼寄居蟹是怎麼喧賓奪主的？大部分的寄居蟹會去撿拾軟體已經死亡的空殼；某些比較霸道的寄居蟹則會直接把原本的主人吃了，大搖大擺地住了進去。陸寄居蟹屬於十足目動物，有五對腳(連兩對螯腳在內)。第一對腳稱螯腳，兩者大小不同，左螯腳較大，用來爬行和防衛，當牠們躲進螺殼裏時，左螯腳也可以作為螺殼的「封口」，這不單可以保護自己，「封口」也可以使牠們保存螺殼內的濕度。而較細的右螯則是用來攝食和爬行。第二、三胸足是其步行足，而第四、五胸足在正常的狀況下是不會露出螺殼外的。所以驟眼看來，陸寄居蟹好像只有三對腳，但其實只是第四、五胸足隱藏在螺殼內，支撐著身體，保持平衡。陸寄居蟹的腹部是不對稱的右旋(大部分海生的螺殼也是右旋的，所以非常適合陸寄居蟹寄居)，而且柔軟，表面沒有甲殼覆蓋(在螺殼中容易進出)，所以腹部必須歪向一邊以利寄居於螺殼內，而且腹的尾部附有倒鉤(尾節和尾肢)，可鉤住殼軸，不被敵人拉出。所以陸寄居蟹必須寄居在螺殼裏以保護其腹部。另外，牠們的第四和第五步足已退化(使身體更能縮入殼內)，使牠非常適合於背負貝類死後留下的空殼行動，第四和第五步足也可以用作平衡和支撐螺殼。(圖三)



(圖一) 恆春半島地圖



(圖二) 陸寄居蟹生活史



(圖三) 寄居蟹身體構造圖

(二) 後壁湖區寄居蟹調查研究

研究地點為後壁湖漁港左堤為起始點，向右延伸300公尺海岸線，作為研究觀察區域。此區之潮間帶至林投區約為5~30公尺。依序為海砂→小礫石→珊瑚礁→泥土與細砂→林投樹林。(圖四)(圖五)



(圖四) 研究區域：後壁湖漁港



(圖五) 研究區地形

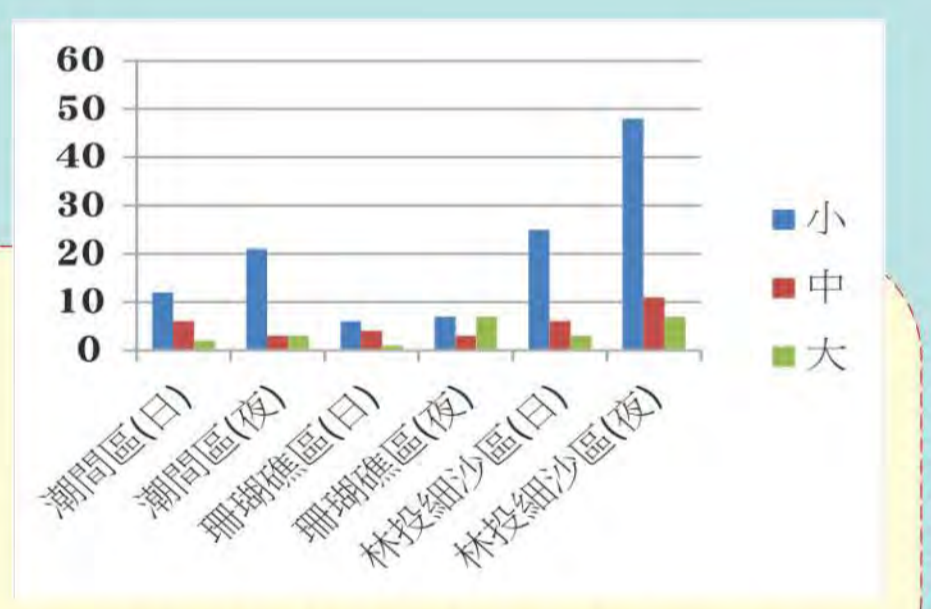
數量	潮間區		珊瑚礁區		林投細沙區		合計
	日間	夜間	日間	夜間	日間	夜間	
小	12	21	6	7	25	48	129
中	6	3	4	3	6	11	33
大	2	3	1	7	3	7	23
合計	20	27	11	17	34	66	175
備註	★						
結果	離潮水遠的林投細沙區夜間寄居蟹最多						

1. 後壁湖區陸生寄居蟹日夜出沒調查

調查區域內寄居蟹數量頗為可觀，很難全面清查海岸300公尺內大大小小的寄居蟹。於是此區域內用繩索劃定十公尺之寬度，由潮間帶至林投區為調查區域做地毯式的採樣。測量螺殼最寬處，以一元、十元及五十元硬幣大小區分判定體型為小、中和大，採集日、夜間寄居蟹做調查。(表一)



(圖六) 夜間出沒的寄居蟹



- 調查發現
- (1) 小型寄居蟹數量遠遠大於中型及大型蟹，其體型越大則數量越少，可見其成長過程中多數被掠食者獵殺。
 - (2) 夜間出現的數量大於日間，且大型蟹多在夜間出沒，寄居蟹應近似夜行生物。(圖六)
 - (3) 離潮水遠的林投細沙區數量最多，可能與林投樹提供掩蔽及食物(生物群落)來源有關。(圖七)

2. 後壁湖區陸生寄居蟹的螺殼調查：

後壁湖區陸生寄居蟹寄居的螺殼經過撿拾比對螺類圖鑑，大致為下列幾種較為常見。(表二)

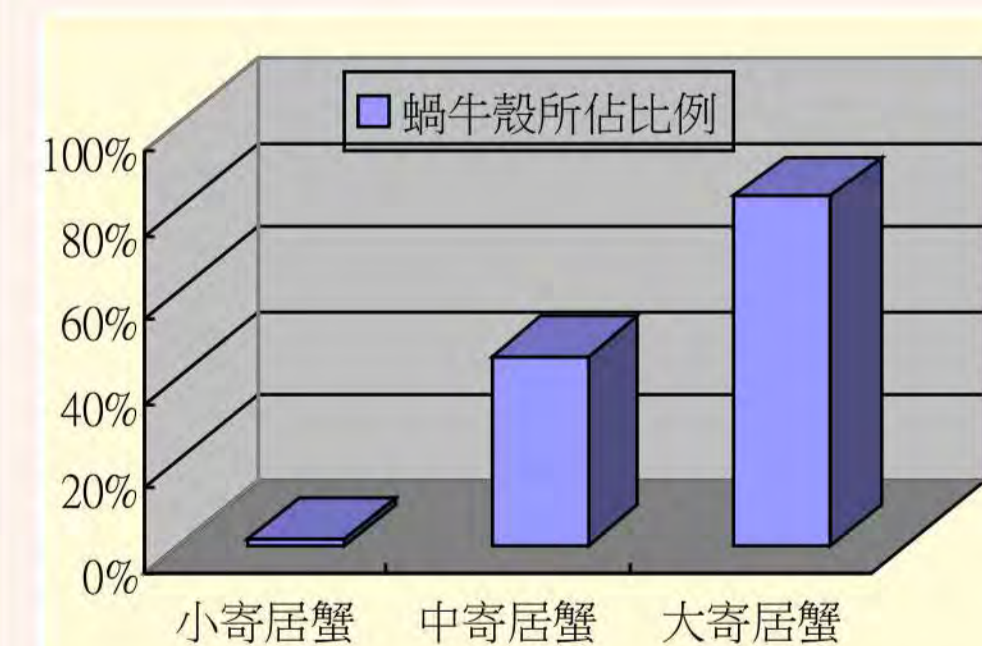
表二、常見後壁湖區陸生寄居蟹寄居的螺殼種類



(表三) 撿拾的寄居蟹螺殼種類統計 (單位:個)

數量	種類										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
種類	五女象法螺	長鼻螺	增縮法螺	珠螺	台灣捲管螺	香螺	赤鞋螺	刺繡華螺	巴比倫捲管螺	非洲大蝸牛	明岩螺
小	0	0	4	11	23	0	1	15	6	2	23
中	1	1	0	4	0	2	0	0	0	15	3
大	0	0	0	2	0	0	0	0	0	19	1
數量	12	13	14	15	16	17	18	19	寄居蟹數量		蝸牛殼所佔比例
種類	桂海螺	球齒紋螺	瑪法螺	台灣風螺	鐵斑岩螺	錐螺	寶島骨螺	山形錐螺	結果		
小	6	3	0	0	16	3	2	14	129	2%	後壁湖區大型寄居蟹寄居蝸牛殼比例達83%
中	0	1	2	2	1	0	0	1	33	45%	
大	0	0	0	0	1	0	0	0	23	83%	

我們以一元、五元、十元硬幣的大小做體型的分類。螺殼最寬處小於一元為小；十元為中；五十元以上為大，統計撿拾的寄居蟹螺殼。(表三)(圖八)(圖九)



(圖九) 體型超小的寄居蟹

二 人工飼養觀察後壁湖地區寄居蟹生態。

後壁湖漁港左堤已劃定為生態保育區，經海巡署港檢所的協助，於漁港右堤(非保育區)大型垃圾桶下方抓獲21隻大型寄居蟹，帶回人工飼養，以便就近觀察其生活習性，方便研究。飼養時，為避免飼養密度過高，將寄居蟹分成三區，再依外觀特徵予以命名。以下為其攝取食物記錄：

(一) 人工飼養寄居蟹攝食記錄

每日放置各種不同食物，以五分鐘內寄居蟹進食的個數做紀錄，一★代表一隻，判斷其喜愛程度。(表四)

表四、人工飼養寄居蟹攝食記錄

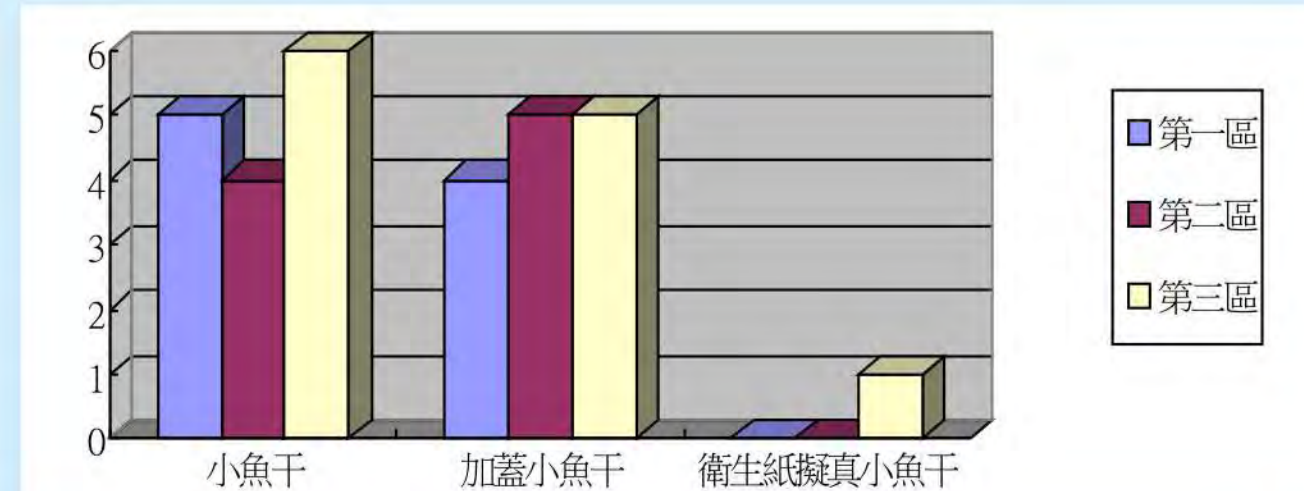
數量	食物									
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	
第一區	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*	**	
第二區	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	/	***	
第三區	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	/	***	
結果	寄居蟹類、素均攝食，且生食、熟食均喜歡									

由上表可看出寄居蟹葷、素均攝食，且生食、熟食均喜歡，難怪稱為生態系的清道夫。

(二) 人工飼養觀察寄居蟹行為探討

1. 寄居蟹覓食是仰賴視覺抑或嗅覺：以小魚干、打洞之不透明免洗杯蓋住之小魚干及衛生紙擬真小魚干三種方式，放置飼養箱一角，觀察五分鐘內寄居蟹移動靠近之情形，藉以判斷其覓食仰賴嗅覺或視覺。(一★代表一隻)(表五)

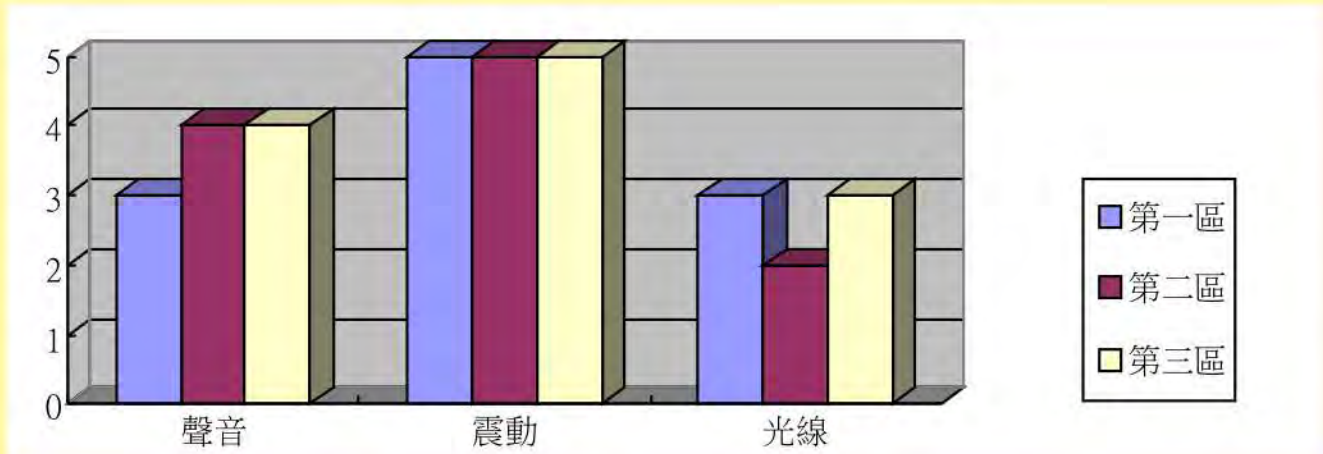
食物	分區		
	第一區	第二區	第三區
小魚干	*****	*****	*****
加蓋小魚干	*****	*****	*****
衛生紙擬真小魚干	/	/	*
結果	小魚干和加蓋小魚干均移動前往覓食，可見其嗅覺靈敏		



由上表發現寄居蟹無論有沒有直接看到食物，只要有魚腥味便前往覓食；看到沒有魚腥味的擬真小魚干，卻沒有覓食動作。由此判斷寄居蟹應該屬於嗅覺型動物。

2. 寄居蟹對獵食者的警戒行為反應是察覺聲音、震動抑或光線：以拍手製造聲音、跺腳製造地面震動和開關燈製造光線變化，以寄居蟹躲入殼中的動作做為警戒反應的判斷。(一★代表一隻)(表六)

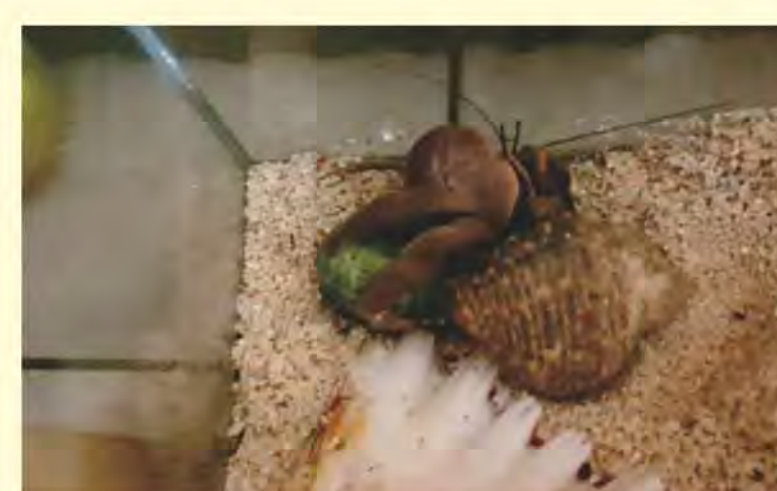
刺激	分區		
	第一區	第二區	第三區
聲音	★★★	★★★★	★★★★
震動	★★★★★	★★★★★	★★★★★
光線	★★★	★★	★★★
結果	寄居蟹對跺腳震動較為敏感		



(圖十一)寄居蟹對環境刺激反應比較圖

由上表發現寄居蟹對聲音、地面震動抑或光線變化都有停止動作、躲入殼中的反應，其中又以震動特別敏感。(圖十一)

- 寄居蟹換殼行為研究：飼養過程發現兩次的換殼行為。主動者以兩隻螯腳抓住被動者，以殼撞擊、拉扯，直到被動者讓出所有殼為止。但主動者並不急於進入換殼，而是以螯腳探索丈量，確定合適之後再爬出原有殼，翻身進入讓出殼。(圖十二)
- 寄居蟹逃亡行為研究：飼養期間發生兩次的逃亡行為，每次逃出一隻。飼養箱35公分高，箱內最高點為休息區12公分之植栽盆，兩者高度差距很大。寄居蟹會彼此堆疊墊高最後爬出飼養箱。
- 寄居蟹是否會爭搶地盤：餵食中體型較大的寄居蟹會迅速往食物區移動，較小的不敢馬上靠近。食物區若已有小寄居蟹，大型蟹靠過來還會把小型寄居蟹推開。至於體型相當者，往往產生爭鬥。(圖十三)
- 寄居蟹逃竄失蹤如何輕易的找到：逃竄失蹤寄居蟹會躲藏在角落掩蔽，很難發現。擺放一盆水或是打開浴廁的門，當牠缺乏水分便會靠近。



(圖十二)寄居蟹強迫換殼行為



(圖十三)寄居蟹爭食蘋果

三 調查後壁湖地區蝸牛殼寄居蟹的生態成因。

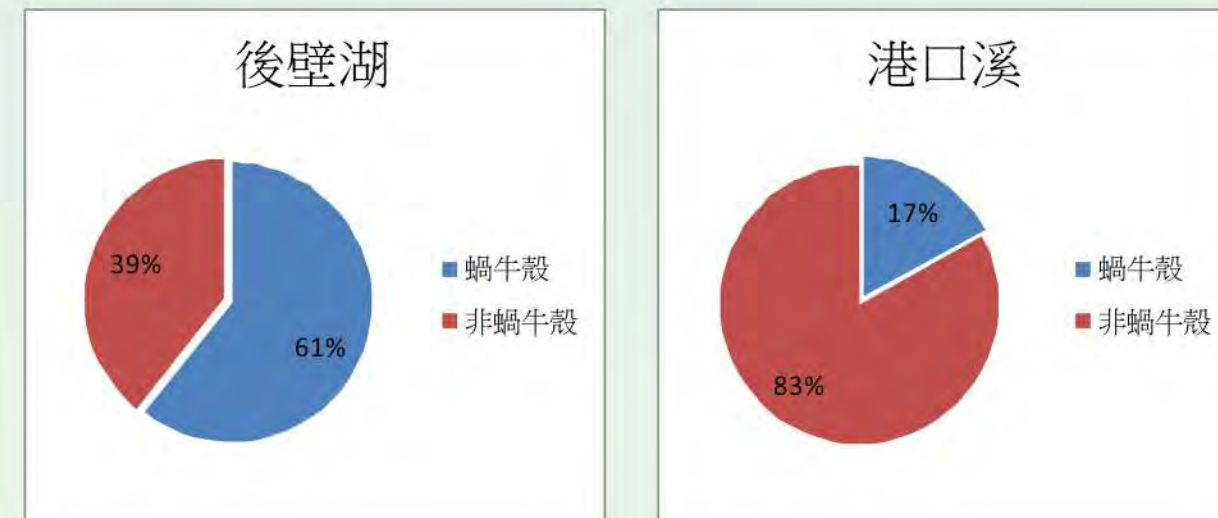
(一)恆春半島東西海岸之寄居蟹取樣調查

恆春半島三面環海，西臨臺灣海峽，南為巴士海峽，東鄰太平洋，唯有半島北端是與臺灣本島銜接。為研究蝸牛殼寄居蟹是否為後壁湖該地特有現象，研究者除了調查位於恆春半島西側的後壁湖外，同時也取樣調查位於半島東側的滿州鄉港口溪出口附近的寄居蟹生態。在研究所發現的蝸牛殼大多是名為非洲大蝸牛的殼。查證資料這種蝸牛是外來種。洲大蝸牛於一九三二年日籍教授下條久馬一自新加坡將二十隻非洲大蝸牛引進，因此這一批引進的個體後來成為臺灣本島的外來種，也是目前臺灣最大型的陸生軟體動物。在林務局的生態調查中，非洲大蝸牛棲息地多在農業區及低海拔之人造林、天然林、檳榔園、市區花園、矮灌叢、草地、林下枯枝腐葉陰涼處、夜間雨後大量出現。恆春半島半島地形高度多數低於800公尺，完全符合非洲大蝸牛喜愛溫暖環境的生存條件。拜中央山脈陡降所賜而使海風可輕易越過，每年冬季東

北季風越過中央山脈產生加速作用形成落山風，也為後壁湖地區帶來大量的飛砂沉積形成沙灘。每年夏季由西南季風越過中央山脈產生加速作用形成落山風，來大量的飛砂形成港口村沙漠地形。所以此二區除了地理位置不同外，其緯度、地形、氣候、沙灘、山脈均極為類似，是一個適合的比較點。如果開發度較高的後壁湖地區寄居蟹使用蝸牛殼比例明顯大於開發度較低的港口村，則可以證明「寄居蟹蝸牛殼」現象與開發度有關係。前述研究發現寄居蟹蝸牛殼多半為中、大型寄居蟹，在此調查時將小型寄居蟹予以排除。(表七)

數量	區域	後壁湖		港口溪	
		蝸牛殼	非蝸牛殼	蝸牛殼	非蝸牛殼
中		15	18	6	32
大		19	4	6	27
合計		34	22	12	59
百分比		61%	39%	17%	83%

後壁湖區蝸牛殼比例明顯高於港口溪區



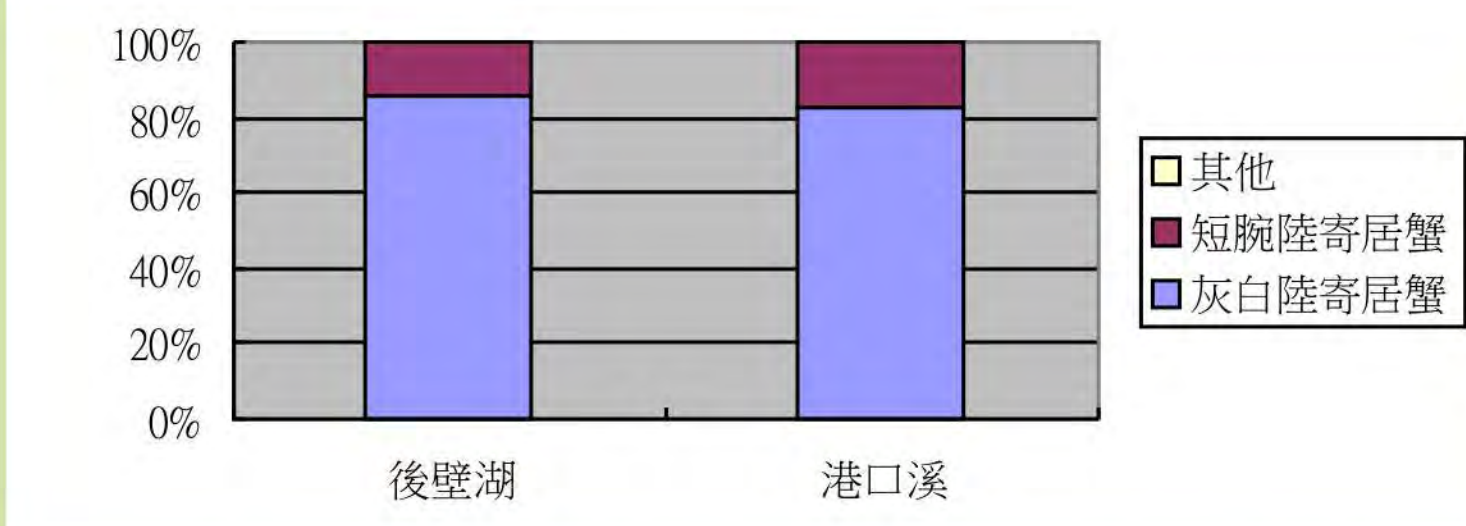
(圖十四)恆春半島東西海岸之寄居蟹寄居蝸牛殼的比例圖

由上表可以發現中、大型寄居蟹，後壁湖區的蝸牛殼比例明顯高於港口溪區(圖十四)

(二)恆春半島東西海岸二區寄居蟹品種分析比較

後壁湖寄居蟹蝸牛殼化，是否與寄居蟹品種不同而受影響。在此我們調查採樣的同時，也對取得的寄居蟹對照圖鑑，判斷品種。(表八)(圖十五)

數量	區域	後壁湖		港口溪	
		灰白陸寄居蟹	短腕陸寄居蟹	其他	灰白陸寄居蟹
灰白陸寄居蟹		48	8	59	12
短腕陸寄居蟹		8	12	/	/
其他		/	/	/	/
合計		56	71		
結果		後壁湖區與港口溪區寄居蟹品種未有顯著差異			



(圖十五)後壁湖區與港口溪區寄居蟹品種調查比較圖



(圖十六)灰白陸寄居蟹顏色灰白



(圖十七)短腕陸寄居蟹顏色深褐

經由實際調查恆春半島後壁湖區與港口溪區寄居蟹品種均相同，但蝸牛殼的比例在後壁湖地區卻明顯偏高，可見寄居在蝸牛殼是後壁湖區特有現象。可能與該區觀光業興盛飾品業、海產業發達導致大量海螺殼消失有關。(圖十六)(圖十七)

四 募集三千顆海螺殼大計劃。

在飼養寄居蟹的同時，我們開始進行募集三千個海螺殼的行動。後壁湖區的海螺殼大量減少的原因是人類大量採食海螺，在食用後並沒有回歸到大海。如果能夠將食用後的海螺殼放回海灘，我們認為可以幫助寄居蟹找到合適的殼。後壁湖地區海產店，雖然容易取得當地的螺殼，但由於距離遙遠，不利於長期實施。而交通方便的高雄市中心區海產店卻少有販賣螺類，因此我們選擇離我們較近、螺類最多、店家最集中的旗津地區，作為募集螺殼的基地。我們進行中遭遇困難如下：

(一)募集三千顆海螺殼

1. 印製海報，邀請海產店業者共襄盛舉：旗津地區每逢假日人潮洶湧，店家應接不暇。可能無法抽空接待，因此我們採用書面海報方式表達訴求，希望獲得支持，並在百忙之中給予協助。(圖十八)
2. 收集螺殼：我們每週末專車前往旗津地區海產店做收集。但食用過螺殼內部往往殘留大量未取出的螺類腹部、醬汁、調味料，無法完全清洗乾淨(圖十九)。存放一段時間後產生的臭味也讓人十分困擾。各個店家採用的保存方式各有巧妙：(表九)
 - (1) 冷藏保存：可以保存五~七天，超過期限仍然很臭。
 - (2) 冷凍保存：效果最好，但店家擔心污染食材。
 - (3) 濃鹽水保存：浸泡在飽和食鹽水中抑制細菌滋生。此法實施很方便，但引來大量的蒼蠅，似乎不太合用。
 - (4) 漂白水保存：刺激藥味與腥味混合，很噁心。
 - (5) 清潔劑保存：將螺殼浸泡在加了清潔劑的水中。惡臭、蚊蠅成群，不合用。
 - (6) 濃鹽水換水保存法：浸泡在食鹽水中會產生硝化菌分解螺肉，每兩天換水三分之一，再加鹽巴維持一定濃度，連續約二星期，螺殼會乾淨。過程中產生的臭味最少。
3. 清洗：首先以水柱清除表面菜渣，再以清潔劑去除表面油污。但從各店家收集到的螺殼均已經擺放一段時間，一從容器中取出，惡臭令人難以忍受。
4. 除肉：螺殼內殘存大量未食用完畢的螺肉，如果不去除便無法除臭。我們以濃鹽水換水保存法連續實施兩週去除殼內的螺肉，成效不錯。(圖二十)
5. 曬乾：在烈日下曝曬，且必須翻面將殼內積水倒出，持續二天。(圖二十一)
6. 收殼：由於螺殼處理後均經過一周左右的曝曬，保存在漂白水或清潔劑的螺殼化學刺激味道大多消失，但腥臭味依然不減。
7. 標記：收集到的螺殼都要做上標記，而殼上非常光滑，一般的原子筆和油性筆標示效果不佳，必須塗上一層較厚的油漆才能作標示。而標示完畢之後還得靜置一天待乾。(圖二十二)

表九、螺殼保存方式比較

保存	優缺		缺點	實用性
	優點	缺點		
1 冷藏保存	■ 實施方便 ■ 保存較長 ■ 沒有臭味	■ 超過七天時產生異味 ■ 可能污染食材 ■ 佔用空間	好	
2 冷凍保存	■ 實施方便 ■ 保存較長 ■ 沒有臭味	■ 可能污染食材 ■ 佔用空間	好	
3 濃鹽水保存	■ 抑制細菌滋生 ■ 實施方便	■ 氣味不好 ■ 引來大量的蒼蠅		
4 漂白水保存	■ 實施方便	■ 刺激藥味與腥味混合 ■ 引來大量的蒼蠅		
5 清潔劑保存	■ 實施方便	■ 產生惡臭 ■ 引來大量的蒼蠅		
6 濃鹽水換水保存法	■ 水質清澈 ■ 臭味較少	■ 兩天換一次水較麻煩 ■ 需要時間較長	好	



(圖十八)印製海報,邀請海產店業者共襄盛舉



(圖十九)收集並清洗螺殼



(圖二十)以濃鹽水換水保存法連續實施兩週去除殼內的螺肉。



(圖二十一)在烈日下曝曬,且必須翻面將殼內積水倒出。



(圖二十二)螺殼塗上油漆做標記

(二)海螺殼與蝸牛殼耐撞擊之比較

螺殼的作用主要在保護裡面脆弱的身體，因此保護力的強弱是選殼的重要因素。蝸牛殼除了色彩單調外，其對寄居蟹的保護程度可能也不夠，以下是蝸牛殼與我們收集到的鳳螺殼與鶉螺殼做耐撞擊測試比較實驗：

1. 使用釣魚用五錢重(約23.5公克)的球形鉛丸當撞擊物。
2. 以2公尺長的透明塑膠管導引控制鉛丸的墜落方向及撞擊點。
3. 縫衣線綁住鉛丸，調整墜落高度，以製造不同的撞擊力度。
4. 同一螺殼同一高度撞擊三次
5. 觀察記錄螺殼、蝸牛殼受損情形。(表十)(圖二十三)(圖二十四)



(圖二十三)螺殼耐撞擊測試



(圖二十四)蝸牛殼爆裂而岩螺殼在撞擊點輕微受損

受損高度	種類			
	鳳螺	蝸牛	鶉法螺	褐帶鶉螺
30	×	×	×	×
60	×	一些碎片	×	×
90	×	多些碎片	×	×
120	×	很多碎片	×	×
150	×	更多碎片	×	×
180	×	破裂	×	×
200	×	爆裂	×	×
結果	蝸牛殼較其他海螺殼保護力更差			

(三)海螺殼與蝸牛殼耐酸雨之比較

酸雨」顧名思義，雨是酸的。在化學上定義水之pH(酸鹼)值等於七為中性，小於則是酸性。自然大氣中含有大量二氧化碳，二氧化碳在常溫時溶解於雨水中並達到氣液相平衡後，雨水之酸鹼值5.6，因此大自然的雨水是酸的。台灣地區降下的雨水酸鹼值經常達到5以下。殼的主要成分為碳酸鈣，屬於鹼性物質，遇到酸雨容易被侵蝕。本實驗旨在研究螺殼遭遇酸雨之後對寄居蟹保護力的影響。

- 1.雪碧汽水的酸鹼值為3.5。而台灣地區曾經降下酸鹼值為3.7酸雨，因此本實驗採用雪碧代替酸雨。
- 2.將螺殼秤重紀錄之後浸泡在雪碧之中七天。
- 3.一周之後取出螺殼進行烘乾並測量重量，比較前後重量差異並做紀錄。
- 4.同一螺殼同一高度撞擊三次觀察記錄螺殼、蝸牛殼受損情形。(表十一)(圖二十五)



(圖二十五)雪汽水浸泡之後明顯變白

表十一、酸雨對螺殼影響比較紀錄

高度	種類	鳳螺	蝸牛	蚶岩螺	褐帶蝸螺
		浸泡前重量	13	4	24
浸泡後重量		13	4	24	30
外觀		變白	變白	變白	變白
撞擊實驗		×	120公分擲開	×	×
結果		蝸牛殼較其他海螺類耐酸雨保護力更差			

五 後壁湖地區換殼計畫的成效探究。

換殼計畫的實施必須先經過募集、清洗、標記，之後再移往後壁湖施放。但通常海產店一盤海螺也不過一、二十顆，想一次就募滿三千顆確實不可能。我們共經四趟募集、清洗、曬乾、標記。分三梯次送往研究地後壁湖施放。施放期間前往救國團墾丁青年活動中心專員黃淑鳳所設置的「寄居蟹快樂天堂」參觀學習，希望能把計畫做的更好。(圖二十六)



(圖二十六)墾丁青年活動中心蟹殼交換中心

(一) 首次的換殼成效

- 1.因為螺殼數量龐大，為加快區分螺殼的大小，我們簡化的區分為十元硬幣以下為小殼、五十元硬幣以上為大殼
- 2.設立兩個放置地點，標記以紅、黃做區分。
- 3.以塑膠繩圍出長寬各一公尺的界線，標記的螺殼放置其中。(圖二十七)
- 4.記錄放置螺殼的大小及數量
- 5.放置後三十分鐘記錄第一次；隔日再記錄第二次；一週之後記錄第三次(表十二)

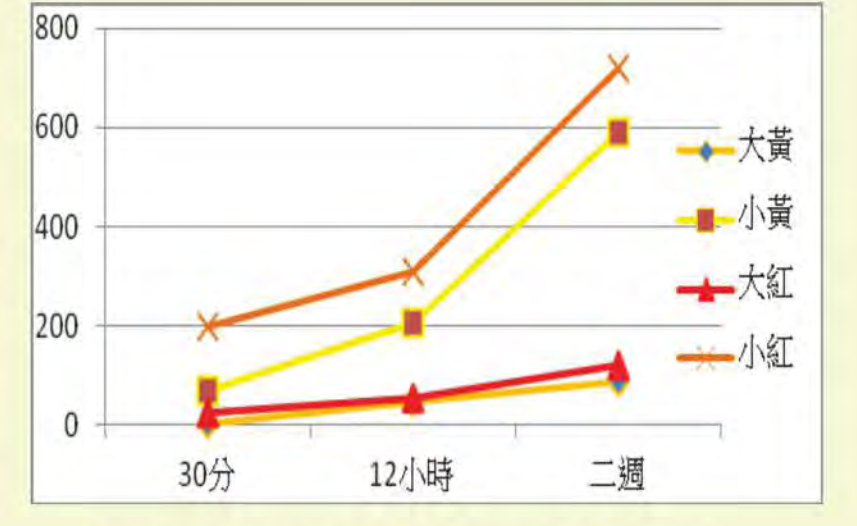
表十二、第一次換殼效率成效紀錄(單位:隻)

數量	標記	大黃	小黃	大紅	小紅
		投入量	90	590	120
30分		3	69	24	198
12小時		48	206	56	309
一週		90	590	120	721

一週之內放置的海螺殼全數換完



(圖二十七)圈地置放標記殼



(圖二十八)換殼效率成效折線圖

由上表可以看出投入標記殼之後的三十分鐘內有部分換殼，但十二小時之後則達到近一半換殼，經過一週的時間則全部換殼完畢。可見當地寄居蟹缺殼的嚴重程度。(圖二十八)

- 1.圈地集中置放標記殼，寄居蟹的嗅覺非常靈敏，就算在黑夜中，短短的時間內竟然可以從四面八方向換殼地點集結。
- 2.剛換好螺殼的寄居蟹被中途攔截，出現數蟹爭搶一殼。(圖二十九)
- 3.一週之內全數換完，一顆不剩，可見當地寄居蟹喜歡我們提供的海螺殼。
- 4.換殼之後現場留下數量不少的蝸牛殼和些許破損的海螺殼，其大小與我們提供的標記殼大小相差不大，可直接判斷為換殼行為。但四周發現遺留數量龐大的小殼(直徑一公分以下)與我們提供的標記殼體型差距很大，不太可能是小蟹直接換大殼。推測為中蟹換大殼留下中殼；小蟹換中殼留下小殼；小小蟹換小殼留下小小殼。如果推測屬實，則一顆標記殼可以提供2~5次的換殼機會。(圖三十)(圖三十一)

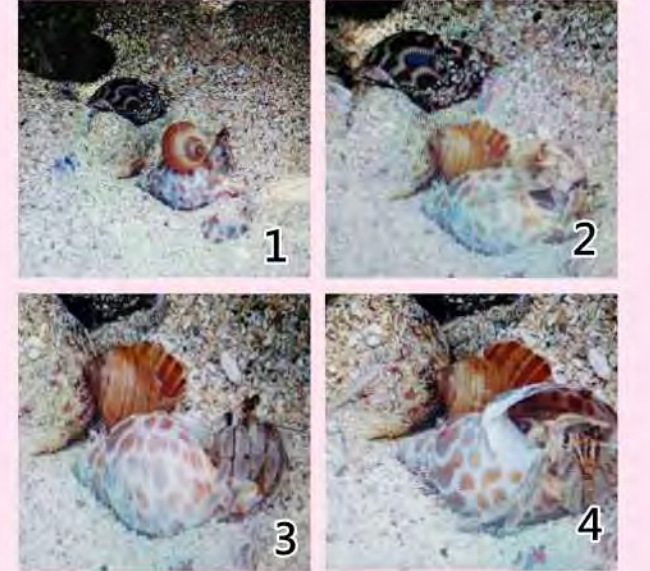
觀察與討論



(圖二十九)數蟹爭搶一殼



(圖三十)四周發現遺留數量龐大的小殼



(圖三十一)中蟹換大殼:1.熟睡探殼將殼朝上 2.爬出殼外 3.腹部先進入 4.完成換殼

(二) 以現場採集標記蟹推估後避湖區寄居蟹數量

- 1.實施第二次換殼時，尋找第一次的標記殼寄居蟹，藉以推估族群數量。
- 2.利用夜間大型寄居蟹出沒的特性，將研究地區300公尺海岸分為三區，採地毯式的搜索記錄標記殼與非標記殼的數量。
- 3.第一次標記殼之換殼數為1521顆。
- 4.採集之標記蟹與寄居蟹數量加以記錄。(表十三)



(圖三十二)採集到其他研究單位的標記蟹

表十三、採集寄居蟹之標記殼數量紀錄(單位:隻)

	第一區	第二區	第三區
寄居蟹數量	86	121	87
標記殼數量	0	1	1
標記殼比例	0%	0.8%	1.1%

三區合計標記殼約佔1.9%，推估中大型寄居蟹約8萬隻

- 1.夜間視線不良，小蟹不容易被發現，所以搜尋寄居蟹以中大型為主。
- 2.海岸林投區進入困難，因此調查區域不包括此區，取樣有可能失真。
- 3.使用群落推估法可以算出該區數量，但有可能大型寄居蟹移動範圍更廣，離開我們的計數區域，因而造成數量推估的偏差。
- 4.採集中意外發現兩隻有標記的寄居蟹，但此標記並非我們做的，可見該地區做研究的單位還不少(圖三十二)

觀察與討論

依此區域標記/未標記寄居蟹比例來計算，短短300公尺內便有大約8萬隻的寄居蟹，顯見此區生氣勃勃，就是缺乏海螺殼。



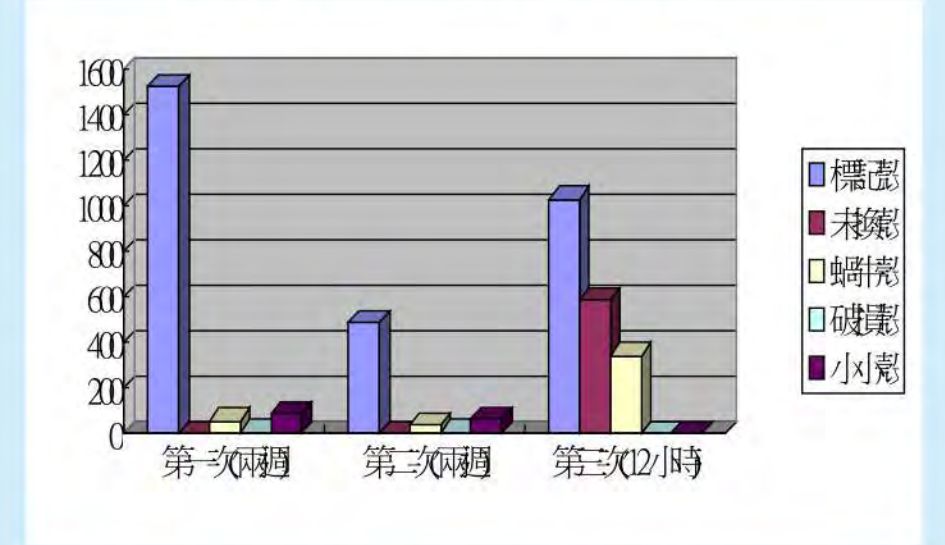
(圖三十三)經濟算消失的標記殼與留下的更換殼數量有很大出入

(三) 三次換殼成效檢討

- 1.前兩次換殼記錄均為實施後兩週才計算，寄居蟹有充分時間換殼。而第三次因為行程安排的關係只經過十二小時。
- 2.觀察發現，換上標記殼而遺留下來的舊殼會被其他寄居蟹使用，所以遺留下來的蝸牛殼、破損殼數量遠低於消失的標記殼數量。(圖三十三)(圖三十四)
- 3.剛換好螺殼的寄居蟹出現被中途攔截，數蟹爭搶一殼。
- 4.現場遺留小小殼若加上蝸牛空殼、破損殼，其總和應當與標記殼消失數量相當，但在觀察採集中卻遠遠少於標記殼消失量。此一現象值得研究。
- 5.進行採集時撿拾到兩顆到其他研究單位的標記殼，說明此區為寄居蟹研究熱區。

表十四、三次換殼成效紀錄(單位:隻)

	第一次(兩週)	第二次(兩週)	第三次(12小時)
標記殼	1521	488	1028
未換殼	0	2	592
蝸牛殼	61	43	345
破損殼	8	11	3
小小殼	93	68	2



(圖三十四)三次換殼成效比較圖

(四) 殼尾角度是選殼依據

在執行換殼計畫時發現螺殼殼尾角度過大寄居蟹不會挑選做殼。在換殼區裏殼尾角度大的褐帶裙螺完全沒有寄居的現象。推測角度過大時，第四、五胸足無法頂到螺殼，不適宜寄居。(圖三十五)但有文獻記載寄居蟹寄居在寶特瓶蓋破酒瓶等特殊容器裡與我們的結論並不吻合於是我們作了以下實驗

- 1.解剖螺殼觀察內部構造。
- 2.用3D列印技術列印各種不同殼尾角度的螺殼供其換殼。(圖三十六)
- 3.利用非傷害性方法使寄居蟹進入人造螺殼。(圖三十七)
- 4.以手電筒打光進入半透光之螺殼觀察寄居蟹殼內寄居狀況。

從上述實驗可以發現

- 1.螺殼角度小於90°的蝸牛殼、鳳螺殼殼內大約有螺旋室3~4個；但角度大的裙螺只有兩個螺室(第二螺室幾乎密合)。(圖三十八)(圖三十九)
- 2.寄居蟹需要大約兩個螺室來容納身軀，第四、五胸足頂在第一、二螺室間。殼尾角度小的螺殼屬於長窄型，容易背負；殼尾角度大螺殼呈扁寬型，容納空間不足且不容易施力背負。(圖四十)(圖四十一)
- 3.瓶蓋、破酒瓶或大角度螺殼之寄居情況應為特例，如有適當螺殼可供挑選，應該會選擇殼尾角度不大的螺殼。



(圖三十五)殼尾角度過大寄居蟹不會挑選做殼(拍攝角度有視差)



(圖三十六)各類型3D列印解剖殼



(圖三十七)蟹殼朝上迫使移居新殼



(圖三十八)長窄型螺殼3~4個螺室



(圖三十九)扁寬型螺殼第二螺室幾乎密合



(圖四十)第四、五胸足頂在第一、二螺室牢牢頂住



(圖四十一)寄居蟹在螺殼位置示意圖

伍、結論

- 一、在飼養寄居蟹將近六個月及實施寄居蟹換殼計畫的過程中我們對寄居蟹的行為有相當深刻獨到的看法，因此在研究中我們提出的結論如下：
- 一、陸生寄居蟹雖移往陸地遷移發展，在水中甚至會溺死。但其幼體依然是水生，且在成長過程中可以從海邊得到適合體型大小螺殼保護自己。因此活動範圍仍無法離海邊太遠。
- 二、陸生寄居蟹為近夜行性生物，體型碩大者僅在晚上出沒，而體型小的在白天夜晚都可見蹤影。
- 三、寄居蟹為雜食性且生、熱不忌，是良好的清道夫，在生態圈中不可或缺。
- 四、寄居蟹的嗅覺遠較視覺靈敏，只要聞到味道，縱使加以遮蓋，仍然前往覓食。而一般釣魚用擬餌，則不感興趣。顯見長得像而味道不到，牠也不吃。
- 五、寄居蟹會利用撞擊、拉扯，強迫同類讓殼。而覓食時也會發生體型大者逼迫體型小者離開覓食區。
- 六、同為恆春半島，後壁湖區寄居蟹大多為蝸牛殼，而港口溪區寄居蟹殼種類及色彩均更豐富，顯見此一現象是人為造成。
- 七、海螺殼在硬度及耐酸雨程度遠高於蝸牛殼，保護能力佳。
- 八、每投入一顆海螺殼可以產生2~5次的連鎖換殼行為。
- 九、要寄居蟹移居3D列印殼，使用網路流傳加熱殼尾、強力拉扯的方式反而躲的更深無法達到目的。只要將螺殼倒立黏住使其不能移動，在四下無人時便會自動爬出換殼。
- 十、寄居蟹選殼最大的關鍵在殼尾的角度，殼尾角大過93°，第二螺室空間成扁平狀，不利第四、五胸足施力，便不輕易進駐。

陸、討論

- 一、海螺殼的種類很多，但鳳螺因人工養殖的關係，容易大量取得。所以本換殼計畫所募得的鳳螺殼除了保護力提升外，色彩及樣式略顯單調。
- 二、鹽水浸泡螺殼會產生腐臭味，若能附上水族館所使用的蛋白機去除臭味，未來可再加研究改善。
- 三、換殼計畫實施同時還能搭配追蹤器，透過追蹤訊號便能清楚了解做寄居蟹活動範圍。我們也一度採用，可惜追蹤器低階，訊號感應不佳功虧一簣。
- 四、螺殼尾端角度與寄居蟹選殼條件密不可分，往後可朝此方向更精進研究。

柒、參考資料

- 一、中文書籍
游祥平/符菊永(1991)•臺灣的寄居蟹•台北市:南天書局。
李榮祥(2009)•台灣賞蟹情報•臺北市:大樹文化事業。
何平合(2003)•墾丁國家公園的海岸林陸蟹•屏東縣:內政部營建署墾丁國家公園管理處。
- 二、網路資源
陸寄居蟹研究室(2003):新手飼養入門 <http://www.tonycoenobita.com/index.html>
聯合報(2006)•幫寄居蟹找新家•取自 <http://a.udn.com/focus/2015/10/23/13625/index.html>
綠島永續行動資訊網•蟹類生態監測•取自 <http://ecorridor.biodiv.tw/>