

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

佳作

030318

3D 列印殼不殼以成家呢？

～南部地區陸寄居蟹棲地與寄居外殼研究

學校名稱：高雄市立陽明國民中學

作者：	指導老師：
國一 陳妍榕	蔡瑞琴
國一 潘辰瑜	黃聖智
國一 施映瑄	

關鍵詞：陸寄居蟹、3D 列印、選殼行為

3D 列印殼不殼以成家呢？

~南部地區陸寄居蟹棲地與寄居外殼研究

摘要

看見寄居蟹住塑膠殼以及大家想為寄居蟹募殼或列印3D螺殼的報導，因而實地到墾丁後壁湖、青年活動中心、西子灣三地進行棲地調查，透過螺殼種類分析、形質測量、選殼實驗等方法，測試陸寄居蟹對外殼的選擇偏好與適合度。結果顯示寄居蟹喜好透水性佳的礫石底質。短腕陸寄居蟹為陸棲性，寄居螺殼以陸生蝸牛為主；灰白陸寄居蟹偏半陸棲性，寄居螺殼多海水螺與淡水螺。寄居螺殼殼口寬與寄居蟹前節長有正相關。選殼時喜好右旋、空間大、殼口寬、無破損的天然螺殼。小型寄居蟹對3D 列印螺殼適應力較高；大型寄居蟹無法入住3D 列印螺殼的原因是 ABS 塑膠及 PLA 木料材質密度小、摩擦力低易導致進住螺殼時重心不穩或滑倒，對3D 列印殼的適應性以藍紫陸寄居蟹最佳。

壹、研究動機

有一次在新聞報導中看見寄居蟹住在瓶蓋和塑膠瓶的畫面，可憐的寄居蟹因為遊客去海邊遊玩時順手撿走貝殼，導致寄居蟹在換殼時因找不著天然的殼可以寄居，所以只好住進許多奇奇怪怪的容器中生活，看著他們揹著不搭調的外殼，不禁讓人感嘆人類的活動對墾丁地區陸寄居蟹造成這麼大的影響。



圖1 寄居蟹住在人造塑膠容器

於是我們特地前往墾丁了解當地寄居蟹的生態環境，且拜訪當地長期關心寄居蟹生活的黃淑鳳老師，她在墾丁青年活動中心推動「寄居蟹安心成家方案」，鼓勵民眾將以前在海邊撿回家的貝殼寄回墾丁的「寄居蟹快樂天堂」，我們親眼目睹了許多寄居蟹在此「換屋」的過程，真的令人感動極了！

好奇的我們不禁思考：寄居蟹到底生活在甚麼樣的環境？為什麼會住在人為廢棄物中？究竟什麼樣的殼才是適合寄居蟹居住的外殼？不同的寄居外殼對他們的生活造成甚麼樣的影響？許多善心人士發起幫寄居蟹募殼活動，甚至用現在最熱門的3D列印幫助寄居蟹列印一個家，但是這些募集的殼或3D列印的殼是否能讓寄居蟹安心成家呢？於是我們展開了這次的科展研究。



圖2墾丁後壁湖陸寄居蟹棲地生態考察



圖3青年活動中心~陸寄居蟹換殼的「快樂天堂」

貳、研究目的

- 一、陸寄居蟹棲地生態調查
- 二、分析陸寄居蟹種類及其寄居外殼
- 三、觀察陸寄居蟹的生活習性
- 四、探討陸寄居蟹對3D 列印殼與天然螺殼的選殼行為
- 五、歸納陸寄居蟹安心成家的方式

參、文獻探討

一、寄居蟹的背景知識

(一)寄居蟹的構造

寄居蟹屬於甲殼動物亞門、軟甲綱、十足目，十足目是以常見海洋生物中的蝦、螃蟹、寄居蟹為主；其中異(歪)尾類的寄居蟹因為腹部彎曲柔軟，會尋找螺貝類死亡的空殼或是沉木寄居，以保護其柔軟的身體，其身體構造如下圖4所示。

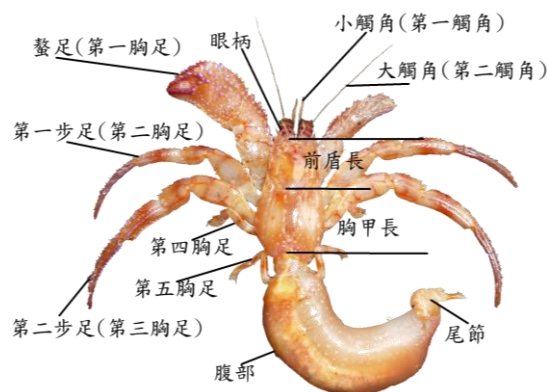


圖4：寄居蟹身體構造與外觀形態

(二)臺灣寄居蟹的分類

目前主要分成五大科，除了常見的活額寄居蟹科、寄居蟹科及陸寄居蟹科外，尚有棲息水域較深的擬寄居蟹科與寄居在沉木內的輕石寄居蟹科，而寄居蟹各科大致可依據螯足的大小與棲息的環境做為區分，如下表1所示：

表1：臺灣寄居蟹五大科區分方式

科名	輕石寄居蟹科	活額寄居蟹科	寄居蟹科	擬寄居蟹科	陸寄居蟹科
螯足	左右螯等大	左右螯等大或左螯大於右螯	右螯大於左螯	右螯大於左螯	左螯大於右螯 左右螯等大
棲地	水域	水域	水域	水域	陸域

(三)臺灣陸寄居蟹的種類介紹







臺灣陸寄居蟹主要可分成4種；椰子蟹 *Birgus latro* (Linnaeus, 1767)、短掌陸寄居蟹 *Coenobita brevip manus* Dana, 1852、灰白陸寄居蟹 *C. rugosus* H. Milne Edwards, 1837、藍紫陸寄居蟹 *C. violascens* Heller, 1862；其中又以短掌陸寄居蟹、灰白陸寄居蟹、藍紫陸寄居蟹為台灣常見的物種，喜好棲息於紅樹林、高潮位的沙灘地、海岸林等。

陸寄居蟹成蟹除了椰子蟹外，其他物種都需要以寄居外殼的方式保護柔軟的腹部與體表的濕度，然而陸寄居蟹因攝食食物種類的不同而導致體色多樣化(圖5)，一般無法從體色做為分類依據，因此，陸寄居蟹的分類會以大螯特徵作為簡便的辨識方式，如下表2所示：



圖5：陸寄居蟹的體色多樣化

表2：恆春半島常見陸寄居蟹的辨識特徵

種類 (別稱)		短掌陸寄居蟹 (短腕陸寄居蟹)	灰白陸寄居蟹 (皺紋陸寄居蟹)	藍紫陸寄居蟹 (凹足陸寄居蟹)
大螯	齒狀顆粒	無	有	無
	列毛	無	有	有
照片				
				
喜好棲息環境		海岸林	高潮位的沙灘	紅樹林

(四)陸寄居蟹生活史

根據「臺灣寄居蟹類誌」書籍資料，我們可得知寄居蟹母蟹在交配後會下海排卵到海中形成浮游的蚤狀幼生，蚤狀幼生經過數次蛻殼後形成大眼幼生，而大眼幼生再經過蛻殼後，就會形成具有寄居行為的幼蟹，此時的寄居蟹幼蟹就會從浮游生活轉變成底棲的爬行生活，並開始尋找適合的空殼居住；其完整的生活史，如下圖6所示。

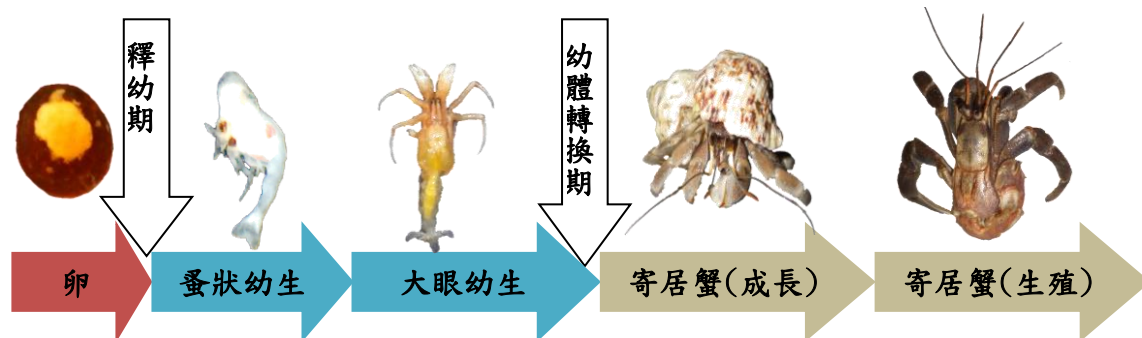


圖6：陸寄居蟹生活史

二、 歷屆科展作品分析

(一) 蟹蟹光臨-皺紋陸寄居蟹(*Coenobita rugosus*)探究--(第53屆國小生物佳作)

探討皺紋陸寄居蟹的生活習性與行為，結果發現：牠們的警覺性高，隨時會縮入殼中或有“定格不動”的行為，影響的程度由大到小為：震動、影子、光線、聲音、風。

(二) 寄居蟹 -「殼」以，不「殼」以？--(第49屆高中生物)

探討殼對寄居蟹的重要性及影響選殼的可能因素，殼口大小、殼的形狀、右旋殼與左旋殼、不同科種的貝殼、殼的材質等對選殼的影響，結果發現寄居蟹對殼的喜好程度：天然右旋殼 > 天然左旋殼 > 鐵絲殼 > 黏土殼 > 保麗龍殼 = 海綿殼。

(三) 沒殼怎麼辦？猶豫寄居蟹(*Clibanarius virescens*)換殼策略之研究—(第47屆國中第2名)

發現猶豫寄居蟹沒有殼時，會與其他寄居蟹殼戰、找非貝殼物品代替、或身體蜷縮並找東西掩護。實驗發現海水10公分、殼數多、明亮的環境換殼機率較高。體長在1.5到2公分的寄居蟹及貝殼與牠的體長比例是1：0.86換殼機率也是較高的，而寄居蟹在找殼時會選擇殼口朝側的貝殼機率高於殼口朝下和上，在貝殼與非貝殼的物品中，牠會選內部螺旋狀或內部較深的貝殼物品，如稜結螺、牙膏蓋、筆蓋、螺帽等。

三、研究思考與架構：

分析以上科展報告後發現多數的研究強調寄居蟹選殼實驗，但是對於寄居蟹居住的棲地和環境以及寄居蟹的其他行為卻少有相關探討，此外最近在網路中看到一篇有關3D列印技術是否有可能應用在幫寄居蟹成家的討論：

<http://pansci.tw/archives/53590>

因此我們擬定以下研究架構和思考，希望透過這次的科展研究能夠真正了解如何讓陸寄居蟹安心成家：

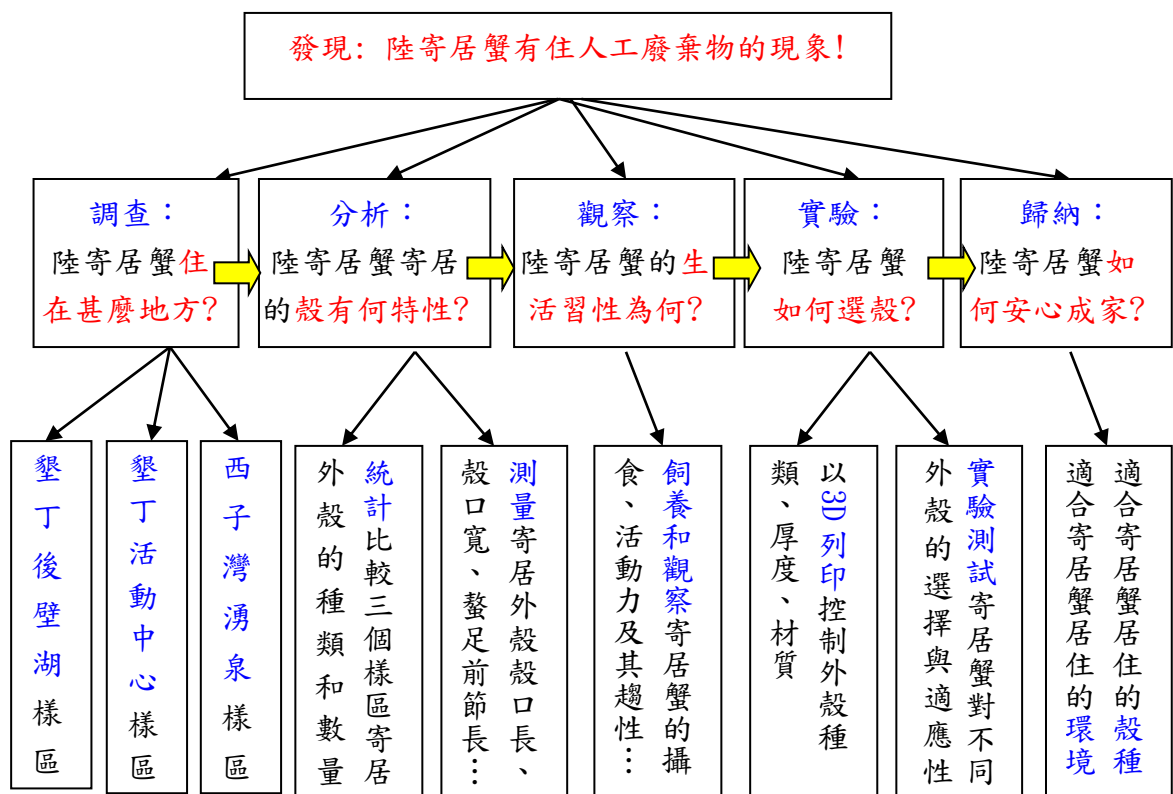


圖7：研究思考及架構

肆、研究方法

一、陸寄居蟹棲地生態調查

(一) 樣區劃設方式

調查前先以 Google earth 系統定位所在區域的經緯度以及海拔高度，並在有寄居蟹出沒的區域劃設一條與海岸線平行的穿越線，穿越線上每隔1公尺劃設一個1公尺 X 1公尺的樣框，共劃設3個樣框。

(二) 環境因子測量方法

在樣區附近徒步觀察周遭的植被覆蓋情況與人為干擾因子，並用電子溫濕度計、鹽度計、pH 儀測量所在區域的氣溫、濕度與附近水域或地下水的水溫、鹽度與 pH 值，並透過中央氣象局資訊記錄當時之潮汐狀況（大小潮、高低潮）、天氣狀況，以作為未來探討環境影響時之參考依據。



圖8：環境因子測量方法

(三) 陸寄居蟹調查方法

陸寄居蟹調查以南台灣-屏東墾丁與高雄西子灣為主要調查區域，共設3個樣區，利用黃昏時間進行調查，利用目視法進行陸寄居蟹調查並記錄各項形質資料，調查完後將陸寄居蟹放回原棲地。



圖9：調查棲地樣區分布

(四) 粒徑分析

參照施習德(2012)的方法，在平行海岸的穿越線上，等距設置左、中、右三個樣框，各樣框挖掘表層 10cm 的底質，約 1200 公克，重複取樣三次，再使用五個網目分別為 4.0 公釐、1.0 公釐、0.71 公釐、0.42 公釐、0.21 公釐之小篩網，以水將底質篩至網目上，再將各網目之樣品烘乾秤重，取得各成分之比例。共分六種組成，分別為網目大於 4.0 公釐的為大礫石(large gravel)、1.0~4.0 公釐的為小礫石(small gravel)、0.71~1.0 公釐的為粗砂(coarse sand)、介於 0.42~0.71 公釐的為中砂(medium sand)、介於 0.21~0.42 公釐為細砂(fine sand)、小於 0.21 公釐為粉泥-黏土(silt- clay)。

表3：環境因子測量方法

粒徑種類	泥土 silt- clay	細砂 fine sand	中砂 medium sand	粗砂 coarse sand	小礫石 small gravel	大礫石 large gravel
簡稱	SC	FS	MS	CS	SG	LG
粒徑大小 (mm)	0.21 ↓	0.21-0.42	0.42-0.71	0.71-1.0	1.0~4.0	4.0 ↑

二、統計並測量寄居蟹種類及其寄居外殼

(一) 寄居螺殼選殼分析

將各樣區採集到的寄居蟹依據寄居外殼的來源分成人為廢棄物、植物果殼、陸生蝸牛、淡水螺類、海水螺類，再將各種來源的外殼，做材質、種類、開口數的細項分類並記錄數量多寡。

(二) 寄居蟹寄居形質記錄與分析

由於寄居蟹住在貝殼中，除非脫離貝殼，否則無法測量寄居蟹體長標準大小。陸寄居蟹在縮入貝殼內後，多數個體仍會露出螯足前節在殼口外，在不傷害陸寄居蟹的情況下，以電子游標尺和電子秤，將後壁湖與西子灣湧泉區所採集到的灰白陸寄居蟹隨機抽樣54隻，測量螯足前節長和總重量(殼+寄居蟹)，以及螺殼殼口長與殼口寬並找出寄居蟹選殼的形質因子。



圖10：寄居蟹外殼分析

三、觀察陸寄居蟹的生活習性

(一) 飼養環境佈置

1. 飼養箱佈置有砂質、淡水、攀爬遮蔽物等適合寄居蟹居住的環境。
2. 由於陸寄居蟹屬於雜食性動物，因此提供麵包、蔬菜、水果等寄居蟹的食物供寄居蟹食用。



圖11：寄居蟹飼養環境

(二) 陸寄居蟹生活習性觀察

在飼養陸寄居蟹的過程中，每天觀察三次，並記錄飼養箱中每隻寄居蟹的攝食偏好、棲息與寄居螺殼的方式、以及溫濕度對陸寄居蟹的影響。

四、應用3D 列印人造螺殼探討陸寄居蟹選殼行為

(一) 寄居蟹離殼方式

由於大多數寄居蟹選殼實驗都以焊槍、打火機燒烤寄居蟹殼頂，迫使寄居蟹離殼，而這些方式雖能在短時間迫使寄居蟹，進行選殼實驗，但卻容易造成寄居蟹傷亡；為了在不傷害寄居蟹的原則下，我們捨棄常用的火烤方式，以螺殼殼口朝上並固定螺殼，使螺殼不能轉動，迫使寄居蟹自行放棄搬不動的螺殼。

(二) 寄居蟹的選殼偏好探討

1. 螺殼容量大小差異:將離殼寄居蟹放在圓形碗盤，再放置5個容量大小不同的螺殼，以直線及分散排列方式，觀察寄居蟹選擇螺殼容量大小的方式。
2. 螺殼殼口大小差異:將離殼寄居蟹放在圓形碗盤，再放置6個殼口大小不同的岩螺殼，以直線及分散排列方式，觀察寄居蟹選擇殼口大小的方式。
3. 螺殼形狀不同差異:將離殼寄居蟹放在圓形碗盤，再放置圓筒型與長筒型的螺殼(寄居蟹曾經住過的螺殼)，觀察寄居蟹選擇螺殼形狀的方式。
4. 螺殼氣味不同差異:將離殼寄居蟹放在圓形碗盤，再放置4種不同氣味的螺殼(浸泡茶葉、塑膠、養寄居蟹水、清水)，觀察寄居蟹選擇螺殼氣味的方式。

(三)以3D 列印人造螺殼探討寄居蟹的選殼行為

委託 PanSci 泛科學寄居蟹3D 列印團隊製作 ABS 樹脂材質與 Laywood3(類似 PLA)兩種不同材質與不同大小的螺殼進行測試，實驗重複5次觀察選殼情況。

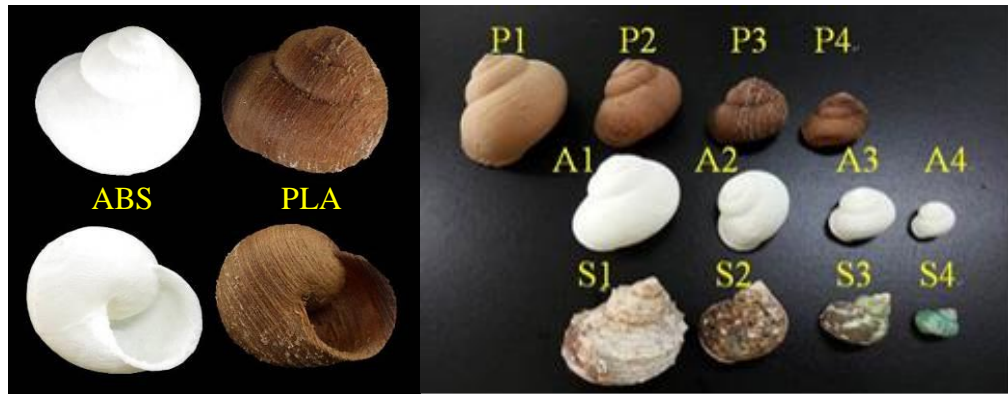


圖12 3D 列印的螺殼

1. 3D 列印與天然螺殼選殼試驗

將脫離殼的灰白陸寄居蟹分別放入甲乙丙丁戊己六種情境中。

- 甲情境(P3 A2 S2)：大型的3D PLA 螺殼、3D 列印 ABS 螺殼、天然殼共存情境下。
- 乙情境(P4 A3 S3)：中型的3D PLA 螺殼、3D 列印 ABS 螺殼、天然殼共存情境下。
- 丙情境(A4 S4)：小型的3D 列印 ABS 螺殼與天然螺殼共存情境下。
- 丁情境(P3 A2)：大型的3D 列印 PLA 螺殼、3D 列印 ABS 螺殼共存情境下。
- 戊情境(P4 A3)：中型的3D PLA 螺殼、3D 列印 ABS 螺殼共存情境下。
- 己情境(A4)：是只有小型螺殼的3D 列印螺殼-ABS

2. 臺灣3種陸寄居蟹對3D 列印螺殼選殼偏好

將離殼的灰白、藍紫、短腕陸寄居蟹公母各十五隻放入，3D 列印 PLA 螺殼、3D 列印 ABS 螺殼、天然螺殼共存情境下，觀察不同種陸寄居蟹與不同性別對，3D 列印螺殼與天然螺殼的使用情況。

伍、研究結果與討論

一、樣區棲地環境與物種比較

(一)樣區一:後壁湖陸寄居蟹棲地

樣區海拔 2 公尺 北緯:21°56'57.51" 東經:120°44'53.30"



圖13：墾丁後壁湖棲地位置

後壁湖樣區附近海岸為沙岸夾雜著許多珊瑚礁岩石，沙地裡有一些藻類和水苔，以及人為廢棄物在沙岸上，出海口的河流附近有許多海濱植物，使棲地週遭覆蓋區為30%，裸露區為70%，而這些海岸林植物都可能是寄居蟹的食物來源之一。我們調查寄居蟹樣區附近為核三廠出水口與海水交界處，核三廠的排水渠道很長綿延5公里，此處為半鹹水水域，鹽度為23‰，水中總固體溶解度(TDS)為385ppm。因為當天有下一場不小的雨，氣溫為24.2~25.1℃，空氣中相對溼度為65~70%，棲地底質以細砂與大礫石為主(如下圖)，底質 pH 值為7.0，潮溼的沙地上有許多寄居蟹爬行，翻開大石礫就有許多寄居蟹，經鑑定後為灰白陸寄居蟹。



圖14：後壁湖棲地石頭翻開就有好多灰白陸寄居蟹！

表4：墾丁後壁湖粒徑分析

粒徑種類	泥土(SC)	細砂(FS)	中砂(MS)	粗砂(CS)	小礫石(SG)	大礫石(LG)
樣框(左)						
平均(g)	15.53	219.20	134.57	37.83	67.93	700.57
樣框(中)						
平均(g)	15.50	218.00	135.00	37.30	67.83	692.57
樣框(右)						
平均(g)	15.57	220.40	134.13	38.37	68.04	708.56

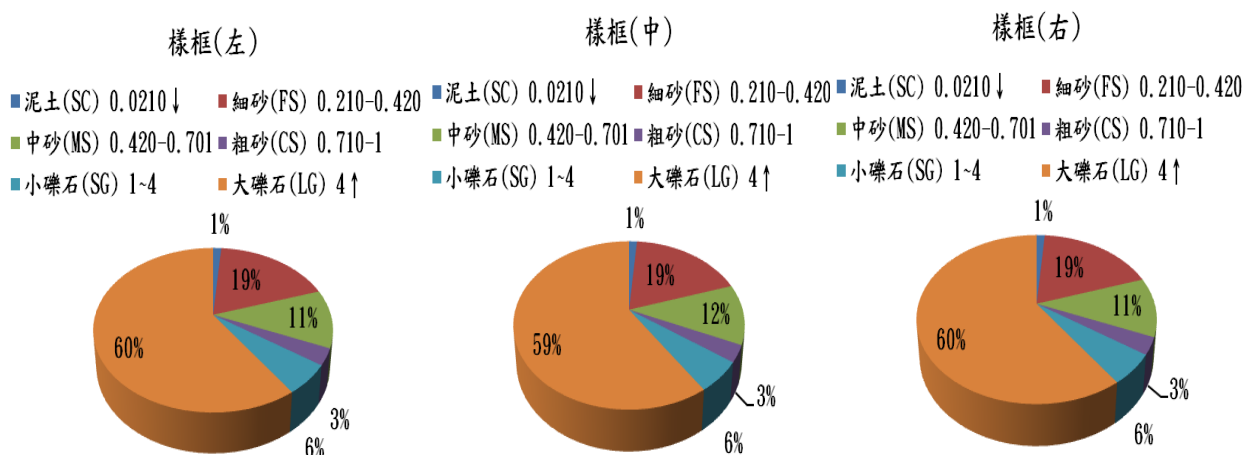


圖15：墾丁後壁湖粒徑分析圖

(二)樣區二：墾丁青年活動中心陸寄居蟹棲地

樣區海拔 7 公尺 北緯:21°56'26.38" 東經:120°47'55.26"



圖16：墾丁青年活動中心棲地位置

墾丁青年活動中心，位於南台灣墾丁國家公園內，地處山和海的交界處，靠海的部分，站立在岩石上能同時看見台灣海峽、巴士海峽和太平洋；靠山區的部分，則有較多叢林；在這裡，陸寄居蟹常出沒在潮間帶和叢林間，但由於附近緊鄰遊客眾多的墾丁大街，晚上有許多遊客會在附近放煙火、逛街，而產生許多人為廢棄物。近年來，因為一些愛心人士發現寄居蟹穿著人工塑膠殼，為了提供一些沒有家的寄居蟹有殼可以居住，所以就設置了「快樂天堂」，在「快樂天堂」裡有許多社會大眾的愛心募集來不同種類的螺殼供寄居蟹換殼，吸引了許多寄居蟹到這裡生活和換殼。



圖17：墾丁青年活動中心棲地環境

我們調查發現墾丁青年活動中心在通往海岸有一片海岸林，是短腕陸寄居蟹的棲地，短腕寄居蟹常在附近活動並經常到「快樂天堂」上演換殼秀；而居住在海岸砂灘上的則為灰白寄居蟹。在「快樂天堂」週遭的短腕陸寄居蟹棲地附近並無湧泉或是伏流，週遭有植被覆蓋，覆蓋率100%，因此，棲地氣溫略微偏低，為23.2~24.1℃，空氣中相對溼度為70~75%，棲地底質以小礫石為主，其次為大礫石與中砂(如下圖)，底質 pH 值略為偏鹼，pH 值為8.0。

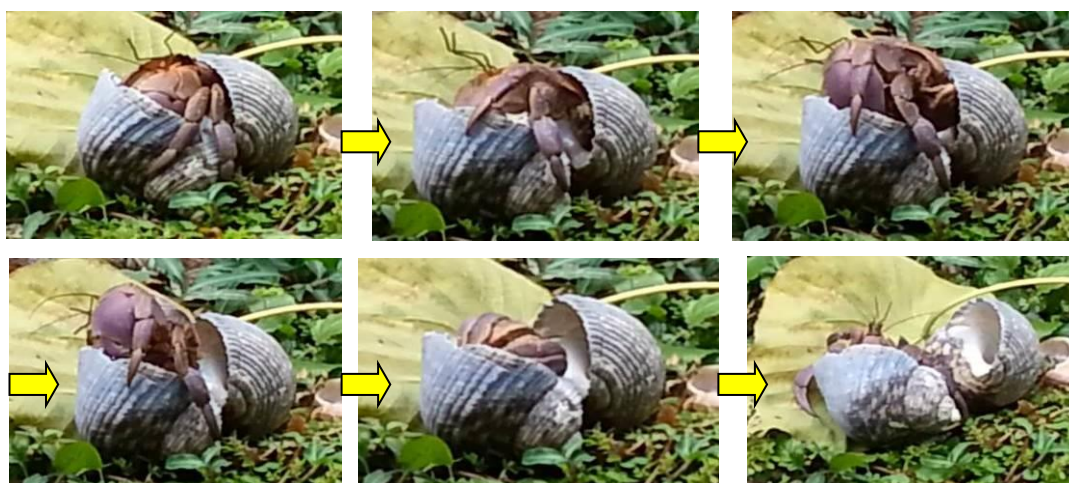


圖18：陸寄居蟹換殼步驟

表5：墾丁青年活動中心粒徑分析

粒徑種類	泥土(SC)	細砂(FS)	中砂(MS)	粗砂(CS)	小礫石(SG)	大礫石(LG)
樣框(左) 平均(g)	106.45	115.00	167.40	138.50	440.68	218.46
樣框(中) 平均(g)	105.7	110.5	165.9	139.3	442.7	217.65
樣框(右) 平均(g)	107.21	119.50	168.91	137.70	438.66	219.28

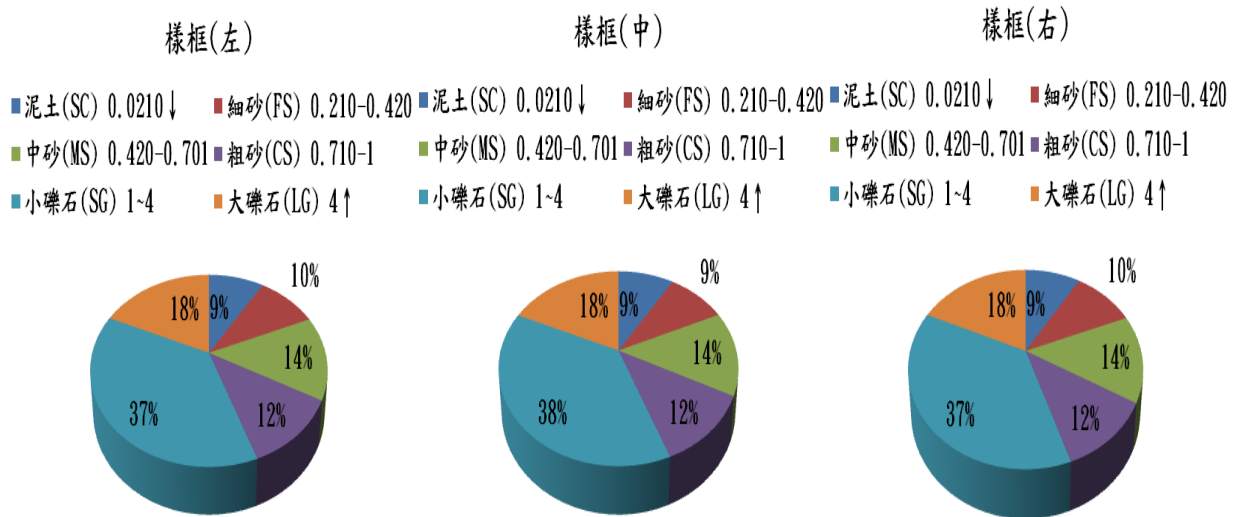


圖19：墾丁青年活動中心粒徑分析

(三) **樣區三：**西子灣湧泉陸寄居蟹棲地

樣區海拔 15 公尺 北緯:22°38'9.47" 東經:120°15'24.65"

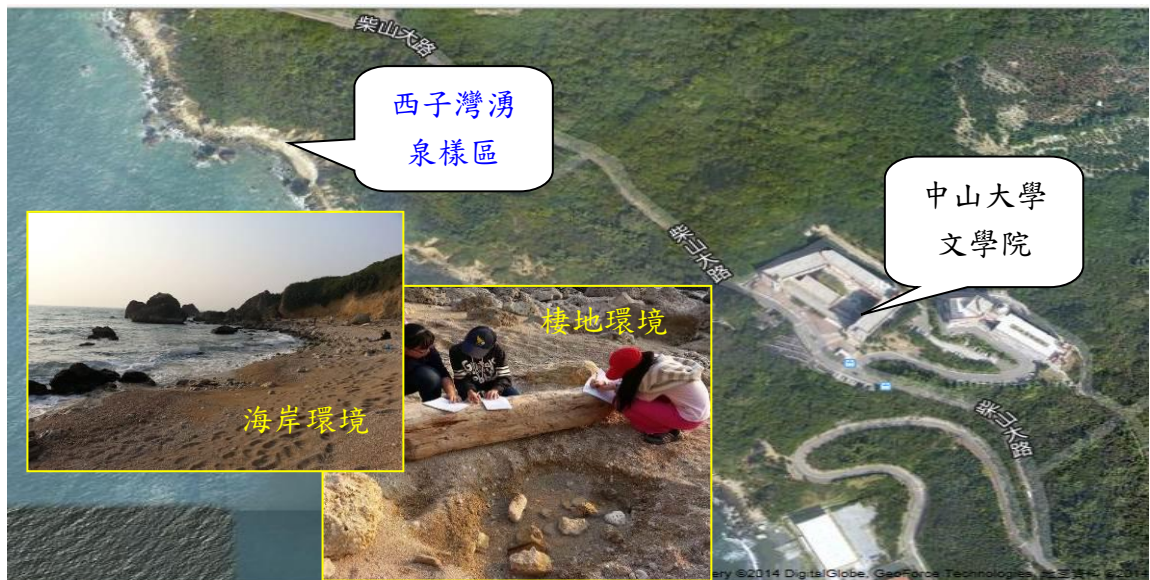


圖20：高雄西子灣棲地位置

西子灣在中山大學內，位於高雄市西北角，北側緊臨柴山，往北是一連串的珊瑚礁海岸，而我們樣區就位於中山大學文學院西北方的海岸林靠海的一側。



圖21：砂灘中的岩縫躲藏許多灰白陸寄居蟹

樣區周遭山壁處布滿大大小小的珊瑚礁岩、鐵灰色與黃色的泥土，山壁高處岩石上有一株株的仙人掌，海岸則由顆粒較小近似白色的貝殼沙灘所構成，且沙灘表面有約直徑1公尺的湧泉池，若往下挖數幾十公分也能挖掘出泉水，而這個現象讓樣區保持外乾內濕的環境。

當天棲地調查發現，氣溫為25.2~26.1℃，空氣中相對溼度為60~69%，棲地底質以小礫石與大礫石組成(如下圖)，底質 pH 值為7.5，而地下冒出的湧泉水溫為25.0~25.3℃，鹽度為0‰，pH 值為6.5，水中總固體溶解度(TDS)為278ppm；由於棲地週遭覆蓋區為0%，裸露區為100%，在沒有樹叢遮蔽物情況下，不利於短腕寄居蟹生存，棲地棲息寄居蟹主要為灰白寄居蟹。

表6：墾丁青年活動中心粒徑分析

粒徑種類	泥土(SC)	細砂(FS)	中砂(MS)	粗砂(CS)	小礫石(SG)	大礫石(LG)
樣框(左) 平均(g)	0.5	7.3	10.2	75.2	864.3	213.3
樣框(中) 平均(g)	1.3	1.3	14.0	63.2	810.4	255.8
樣框(右) 平均(g)	1.3	2.0	20.2	62.3	796.4	223.9

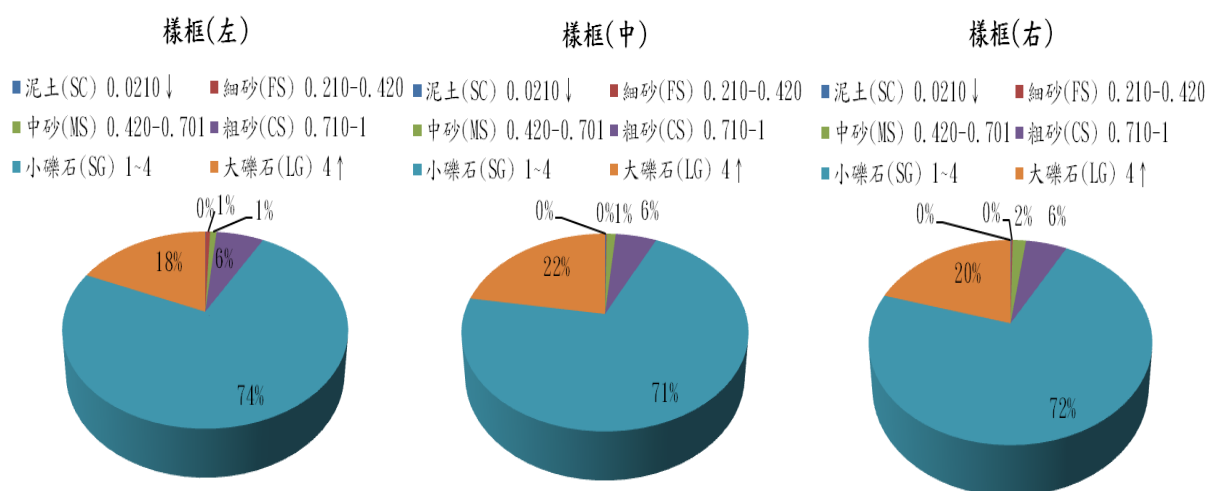


圖22：墾丁青年活動中心粒徑分析

二、分析陸寄居蟹種類及其寄居外殼

(一)樣區一：後壁湖陸寄居蟹棲地-灰白陸寄居蟹

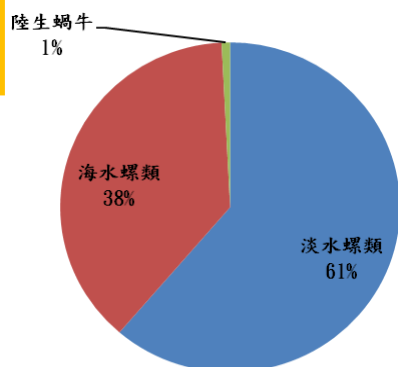
表7：後壁湖陸寄居蟹寄居外殼統計

外殼種類	人為廢棄物	植物果殼	陸生蝸牛	淡水螺類	海水螺類	總計
數量	0	0	2	152	94	248

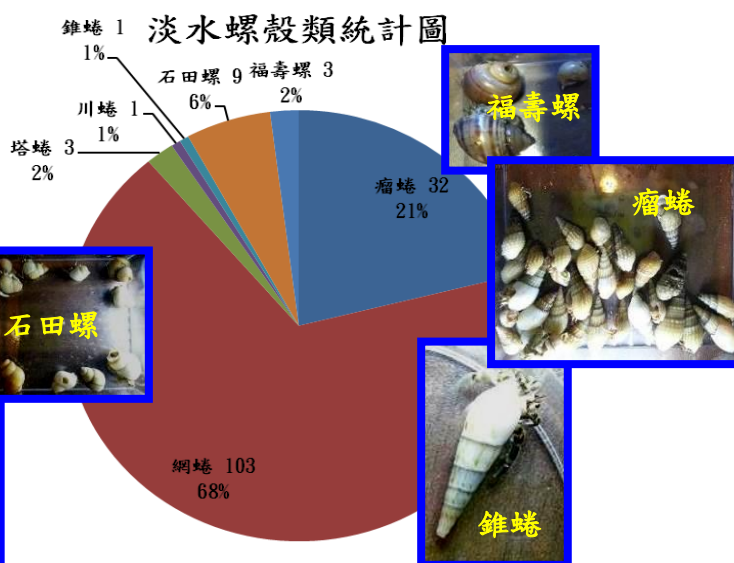
淡水螺類	網蝽	瘤蝽
數量	103	32
石田螺	塔蝽	福壽螺
9	3	3
川蝽	錐蝽	總計
1	1	152



圖23 後壁湖寄居蟹外殼統計圖

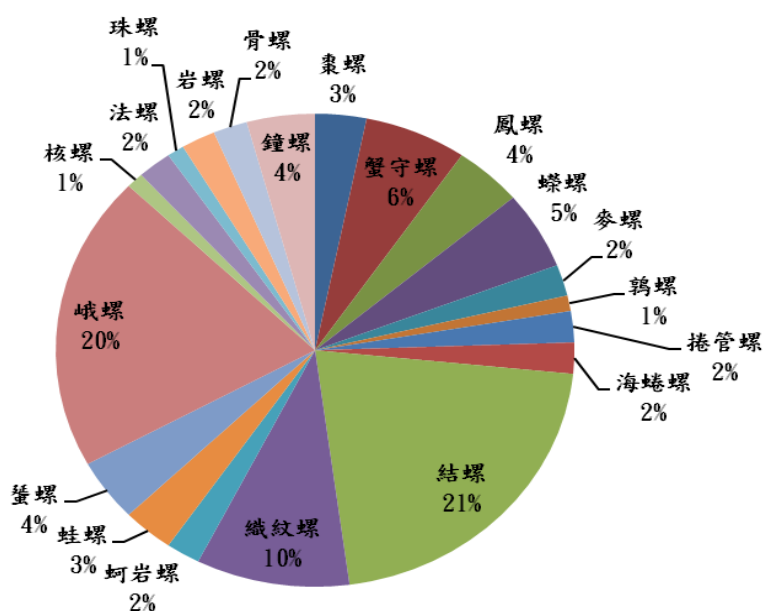


淡水螺殼類統計圖



海水螺類	結螺	峨螺	蟹守螺
數量	20	19	6
織紋螺	蛙螺	蜚螺	縹螺
9	3	4	5
棗螺	核螺	法螺	珠螺
3	1	2	1
鳳凰螺	麥螺	捲管螺	海蝨螺
4	2	2	2
岩螺	鶉螺	骨螺	蚵岩螺
2	1	2	2
鐘螺	總計		
4	94		

海水螺殼類統計圖





● 結果分析：

1. 後壁湖保護區採樣數共248隻，陸寄居蟹經鑑定後均為灰白陸寄居蟹，寄居螺殼種類以淡水螺類居多占61%，其次是海水螺類38%，陸生蝸牛只占1%是非洲大蝸牛殼。
2. 因後壁湖樣區附近為核三廠出水口，有淡水螺類因而寄居外殼以淡水螺殼居多。寄居的淡水螺類殼中以網蝽最多占68%，其次是瘤蝽占21%，石田螺占6%，共有7種淡水螺殼。
3. 海水螺殼種類有20種之多，推測灰白陸寄居蟹棲地接近海邊相對於短腕陸寄居蟹活動棲地靠近海岸林地而言，有較多機會寄居海水螺類外殼，結螺和峨螺最多各占21%和20%。

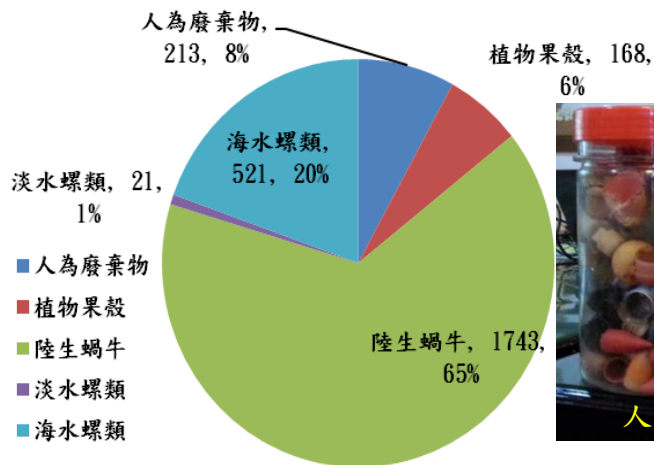
(二) 樣區二：墾丁青年活動中心陸寄居蟹棲地-短腕陸寄居蟹

拜訪墾丁青年活動中心了解「寄居蟹安心成家推手方案」之後，因為自100.4.1起陸續有寄居蟹帶著舊殼來到快樂天堂換殼，並留下原有的舊殼，我們分析自100.4.1~102.12.14這段期間在快樂天堂收集到的寄居蟹所換下的舊殼，得到以下結果：

表8：墾丁青年活動中心陸寄居蟹寄居外殼統計

外殼種類	人為廢棄物	植物果殼	陸生蝸牛	淡水螺類	海水螺類	總計
數量	213	168	1743	21	521	2666

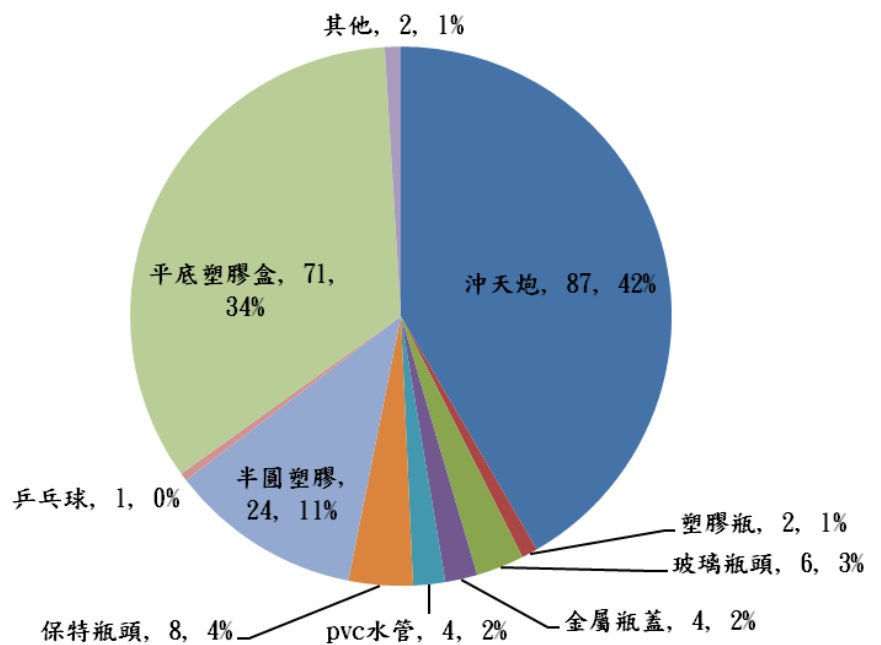
圖24 墾丁青年活動中寄居蟹外殼統計圖



人為廢棄物種類統計圖

1. 人為廢棄物種類分析

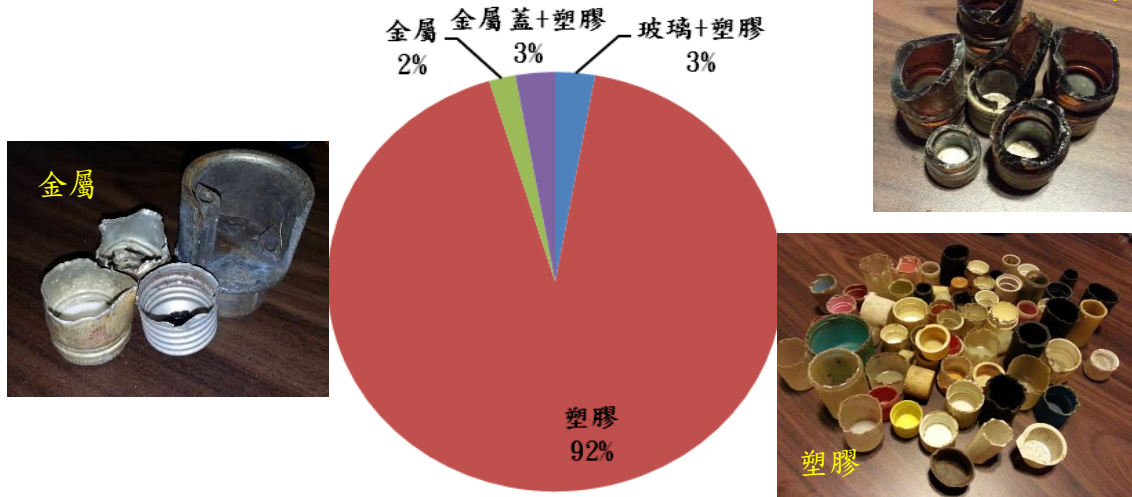
種類	沖天炮	塑膠瓶
數量	87	2
玻璃瓶頭	金屬瓶蓋	pvc 水管
6	4	4
保特瓶頭	半圓塑膠	乒乓球
8	24	1
平底塑膠盒	其他	總計
71	2	213



2. 人為廢棄物材質分析

材質	玻璃+塑膠	塑膠	金屬	金屬蓋+塑膠	總計
數量	6	197	4	6	213

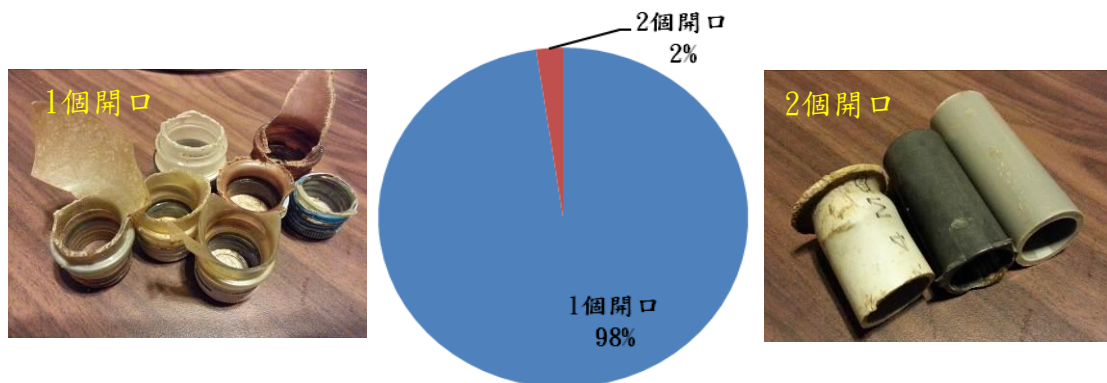
人為廢棄物材質統計圖



3. 人為廢棄物開口數分析

開口數	1 個開口	2 個開口	總計
數量	208	5	213

人為廢棄物開口數統計圖



● 結果分析:

1. 墾丁青年活動中心快樂天堂短腕陸寄居蟹換掉的殼種統計結果顯示，陸生蝸牛最多占65%，其次是海水螺占20%，人為廢棄物占8%。
2. 因短腕陸寄居蟹棲地為海岸林地較靠近遊客活動的區域，因此所換下的舊殼有許多人類活動的廢棄物，例如：沖天炮殼、塑膠瓶、寶特瓶頭等。另外還有寄居蟹住在當地植物瓊崖海棠的果實中。

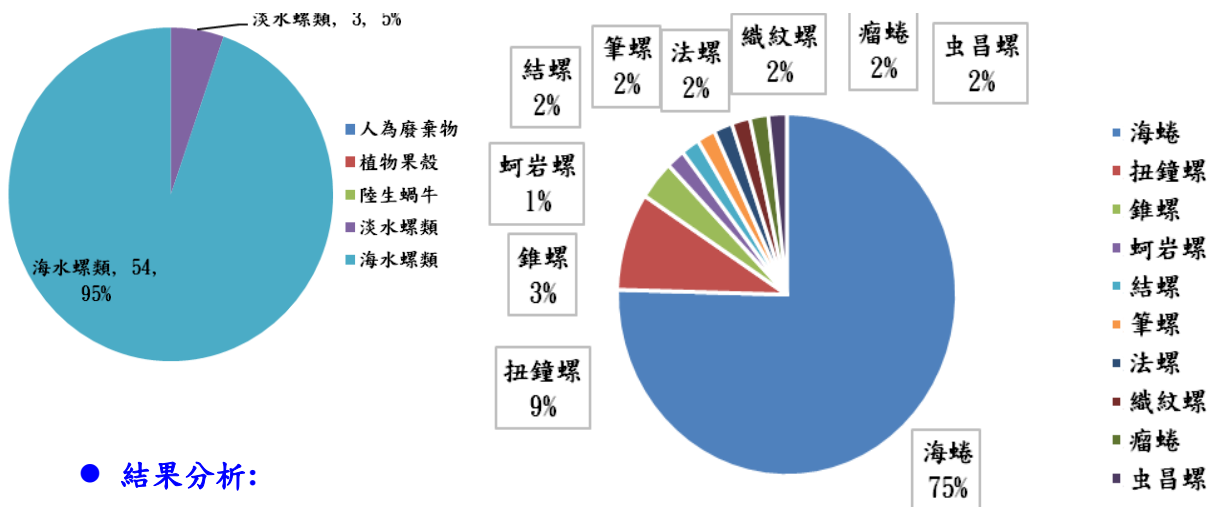
(三)樣區三：西子灣湧泉陸寄居蟹棲地-灰白陸寄居蟹

表9：西子灣湧泉樣區陸寄居蟹寄居外殼統計

外殼種類		人為廢棄物		植物果殼		陸生蝸牛		淡水螺類		海水螺類		總計
數量		0		0		0		3		54		57

螺類	海水螺類									淡水螺類		總計
	海蜷	鈕鐘螺	蚵岩螺	結螺	筆螺	法螺	織紋螺	虫昌螺	瘤蜷	錐螺		
數量	43	5	1	1	1	1	1	1	1	2	57	

圖25：西子灣湧泉樣區陸寄居蟹外殼統計圖

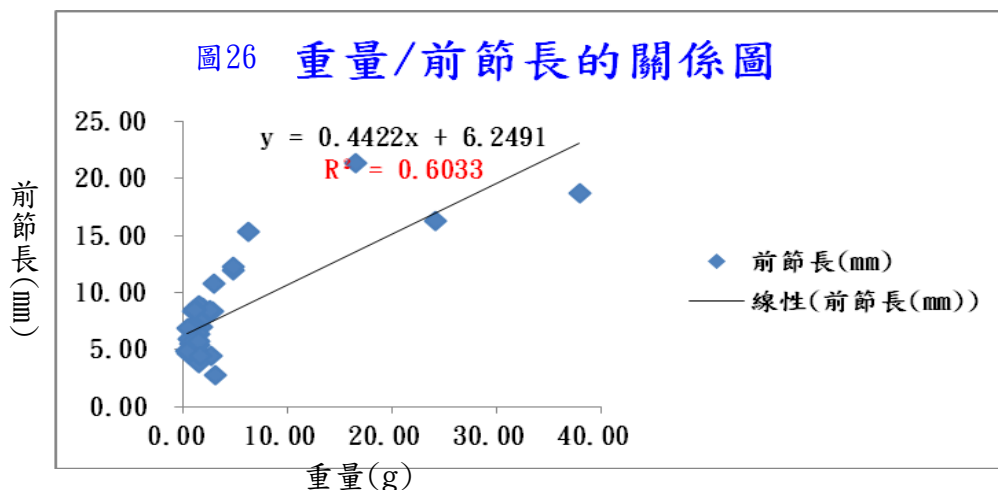


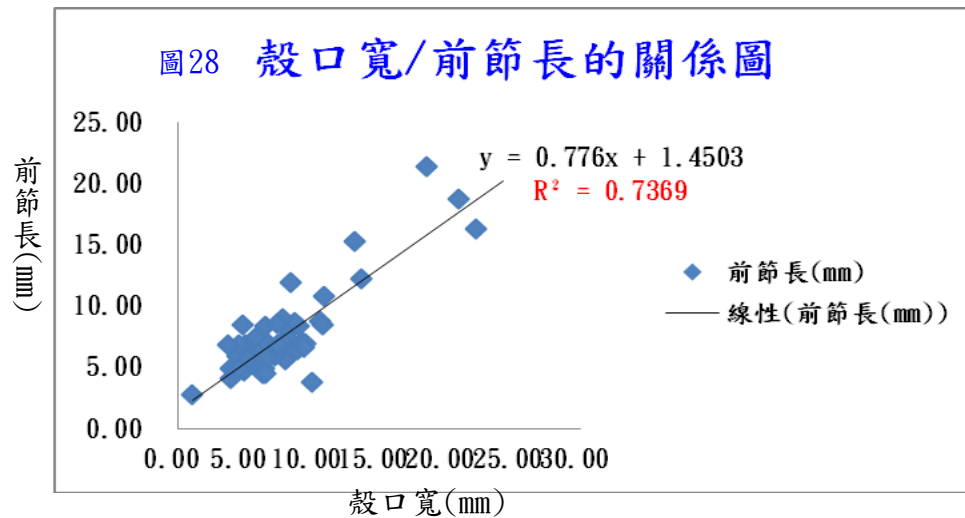
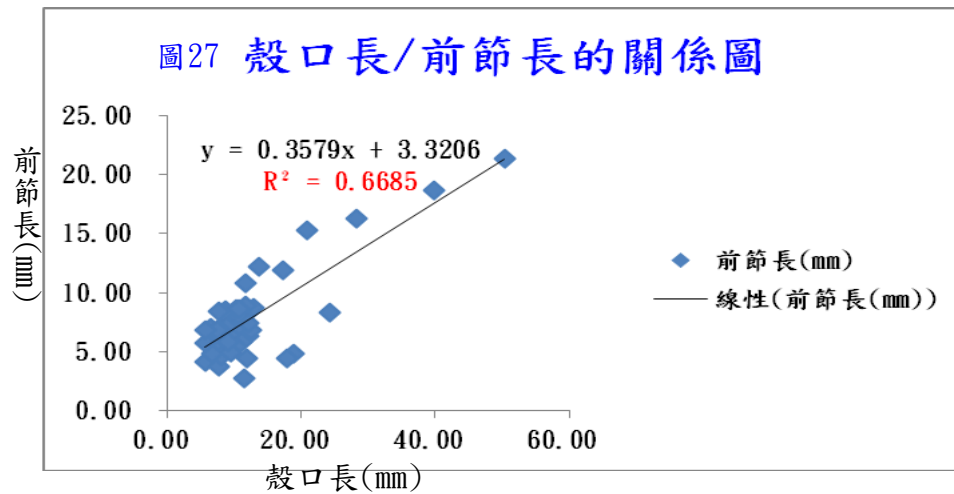
● 結果分析：

1. 西子灣樣區非常接近海邊，但湧泉區域的水為淡水。西子灣湧泉區採樣本數共57隻，陸寄居蟹經鑑定後均為灰白陸寄居蟹，寄居螺殼種類以海水螺類居多占，尤其是海蜷占75%，其次是鈕鐘螺占9%。

三、寄居蟹形質分析結果

為了瞭解陸寄居蟹寄居殼種和寄居蟹體型是否有相關性，我們將後壁湖與西子灣湧泉區採集到的灰白陸寄居蟹，隨機抽樣54隻灰白陸寄居蟹，測量其寄居的殼口寬、殼口長、重量(螺殼+寄居蟹)及寄居蟹本身的螯足前節長，分析結果如下：





● 結果分析:

統計54隻後壁湖樣與西子灣湧泉區的灰白陸寄居蟹，以 EXCEL 軟體功能分別畫出重量(殼+蟹)/前節長、殼口長/前節長與殼口寬/前節長之 XY 散佈圖，並找出其趨勢線，發現寄居蟹前節長與螺殼殼口寬的相關性高。

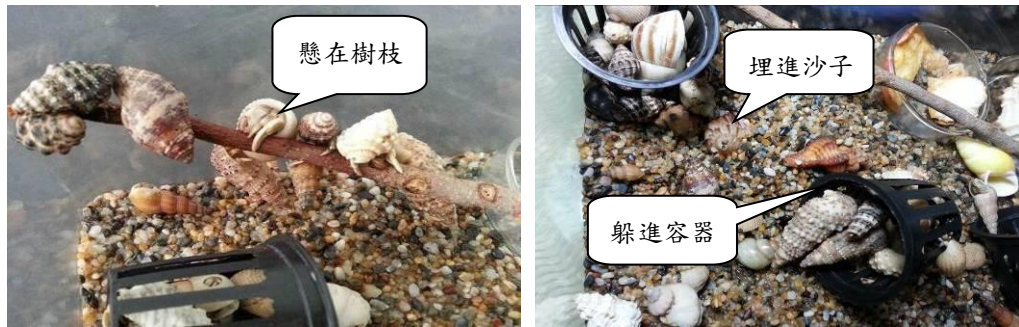
四、陸寄居蟹生活習性觀察

為了瞭解陸寄居蟹的生活，我們從飼養寄居蟹的過程觀察到以下的現象：

1. 攝食偏好：雜食性餵食麵包、餅乾、高麗菜、蘿蔔、水果等都吃，但每天進食量並不大也不會經常攝食。



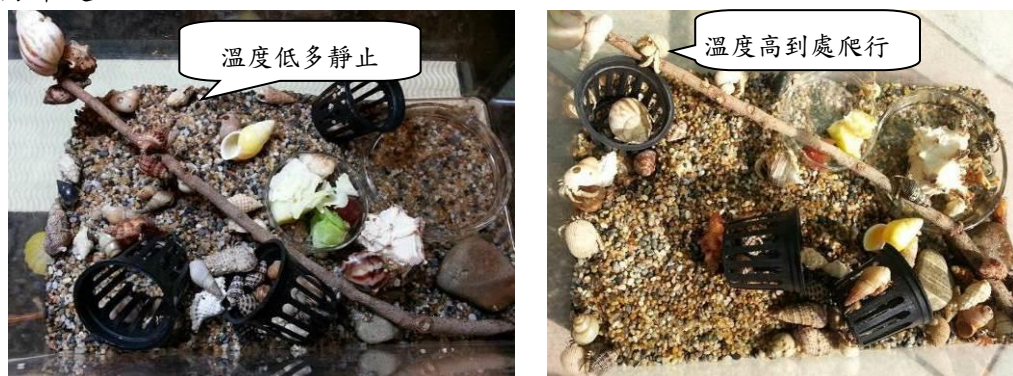
2. **棲息方式**：喜歡群聚和攀爬躲藏在沙子內或空殼和容器中，有時懸掛在容器邊或樹枝容器邊，有的埋進沙子中…



3. **寄居螺殼的方式**：在飼養箱中有一些殼是從來沒有寄居蟹入住的殼，歸納後發現這些殼是有破洞和左旋的殼。



4. **溫度 VS. 寄居蟹**：溫度影響活力，室內溫度低時不太活動，拿到太陽底下曬一下活力十足。



5. **濕度 VS. 寄居蟹**：淹水時紛紛從躲藏處爬出來活動，尤其是埋在沙中的寄居蟹會從沙堆中爬出。



五、探討寄居蟹選殼行為

(一) 瓊崖海棠、沖天炮殼實驗

1. 只有瓊崖海棠和沖天炮時會進入躲藏但腹部無法勾住殼而行走易脫落，除非體型夠大可以塞滿空間，但入住時容易滑開，有困難。



在瓊崖海棠內休息



拖住瓊崖海棠後脫落



體型夠大才能塞滿空間

2. 如果有天然螺殼可供選擇會選擇天然螺殼，天然螺殼被其他寄居蟹選走後會搶沖天炮殼躲進去，但體型太小無法帶著殼走。



(二) 同屬於蝾螺但不同容量大小



選殼中(殼直線排列)



選殼中(殼分散排列)



都選原來的小殼



第二天住進較大

原來的小殼



第三天仍住較大殼

● 結果討論:

寄居蟹被逼出殼外後，在不自然的狀況下會先隨機選住一殼即使該殼太小仍會暫時寄居，若有其他空殼可供選擇即會換殼住。

(三)同屬於岩螺但殼口大小不同



● 結果討論：

寄居蟹被逼出殼外後，在不自然的狀況下仍會檢查殼口大小，殼口太小的殼不進住，殼口夠大無論容量相對體型而言太大或太小的殼仍會進住。

(四)大小相近但形狀不同的殼型

● 實驗步驟:

1. 先將原來住在長螺殼和圓螺殼的寄居蟹各五隻從殼中逼出。
2. 把寄居蟹各自放入裝有長和圓螺殼各一的盒子裡，觀察寄居蟹入住哪種殼。

● 結果討論：

以下四種情況都有:因此寄居蟹選殼時對形狀無特殊偏好，隨機入住。

長寄居蟹→長螺殼	長寄居蟹→圓螺殼	圓寄居蟹→長螺殼	圓寄居蟹→圓螺殼
2次	3次	2次	3次

(五) 同屬於岩螺但氣味不同的殼

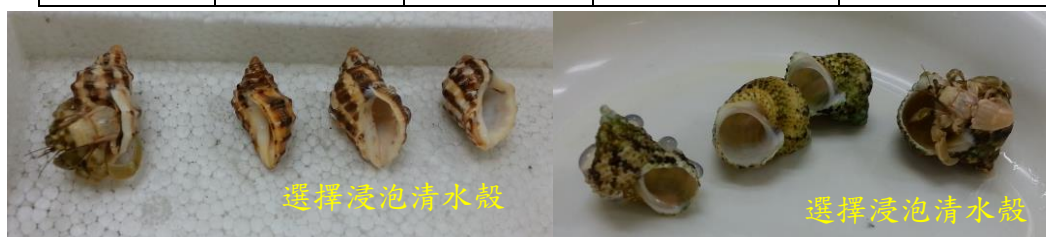
● 實驗步驟:

1. 先將寄居蟹5隻從殼中逼出。
2. 將空螺殼分別泡入不同液體中:茶葉、塑膠(使用熱溶膠塗抹在殼上)、養寄居蟹水、清水(對照組)產生氣味。
3. 把寄居蟹各自放入裝有各種氣味的空螺殼，觀察寄居蟹入住哪種殼。

● 結果討論:

寄居蟹喜歡是沒特殊味道的空殼，不喜歡有其他寄居蟹或塑膠氣味的空殼，而泡過茶葉的殼是第二選擇。

浸泡液體	茶葉	塑膠	養寄居蟹水	清水
入住次數	2	1	0	7



六、3D 列印殼選殼實驗

(一)3D 列印殼和銀口蝾螺材質比較:

表10 3D 列印殼與天然蝾螺殼比較

材質	ABS 塑膠				PLA 木料				銀口蝾螺殼			
密度	約0.32g/cm ³				約0.45g/cm ³				約2.3g/cm ³			
殼厚度	1.3mm				1.8mm				1.8mm			
編號	A1	A2	A3	A4	P1	P2	P3	P4	S1	S2	S3	S4
重量	4.8	2.8	1.2	0.7	11.1	4.8	3.3	1.6	32.2	18.4	6.3	3.2
殼總長	58.1	43.5	31.9	22.1	66.5	52.8	43.8	34.8	55.3	42.5	30.8	12.3
殼總寬	47.2	36.8	26.7	16.7	55.2	42.7	36.3	28.4	44.4	34.8	23.5	10.2
殼總寬/長	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
殼口長	25.3	19.7	14.2	8.7	31.8	25.3	18.8	13.5	25.9	18.7	13.9	8.2
殼口寬	18.5	13.4	10.2	6	22.3	18	13.4	9.7	23.3	17.2	12.6	7.1
殼口寬/長	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9

● 結果討論:

- 1.3D 列印材質有 PLA 木料及 ABS 塑膠兩種材質，密度分別為0.45g/cm³和0.32g/cm³在水中很容易漂浮，而天然銀口蝾螺的殼密度約2.3g/cm³在水中會下沉。
- 2.三種材質的體總寬/長均接近0.8，但3D 列印的殼口寬/長約0.7小於天然螺殼的0.8。



圖29 3D 列印及天然螺殼編號

(二)3D 列印和天然殼選殼實驗:

表11 3D 列印和天然殼選殼實驗結果

組別	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
甲	P3 A2 S2	S2	S2	不選	不選
乙	P4 A3 S3	S3	S3	A3 → S3	不選
丙	A4 S4	S4	S4	A4 → S4	S4
丁	P3 A2	不選	不選	不選	不選
戊	P4 A3	P4	A3	不選	不選
己	A4	不選	A4	不選	不選

● 結果討論：

1. 根據組別甲乙丙結果可發現:當同時放三種殼時，大部分陸寄居蟹都選住天然殼，只有2次選擇 ABS，不過最後都換回天然殼。
2. 根據組別丁戊己結果可發現:當只放3D 列印殼時，大多數陸寄居蟹不選擇入住，只有3次選擇 ABS，1次選擇 PLA。
3. 有時寄居蟹想選住 PLA 或 ABS 殼時，會發生重心不穩不是殼滑走就是寄居蟹滑倒而放棄選住3D 列印殼。





4. 體型大的寄居蟹在沒有其他適合選擇的殼時會塞進比自己身體還小的 P4殼，雖然能夠行走但如果提供天然殼會很快換住天然殼。
5. 體型越小的寄居蟹能成功選住3D 列印殼的成功機率較大，例如 A3和 A4。



6. 體型小的 A3和 A4成功和天然殼寄居蟹一起生活，但 A3在寄居第4天觀察時發現不知原因大螯斷了，於寄居第5天死亡，不過體型最小的 A4生活情況良好，第4天曾經換到天然殼中生活，但第5天又換回 A4殼繼續生活至今。



7. 體型較大的寄居蟹無法成功選住3D 人工殼：

只提供3D 列印人工殼	→ 第二天仍不見進住	→ 第二天放入天然螺殼供選擇
		
→ 很快選住銀口螄螺殼	→ 第三天提供更多殼仍住天然殼	→ 第四天許多天然殼寄居蟹一起住，仍選住原來較小的螄螺殼
		
第五天寄居蟹雖會試探空殼但不換住3D 列印殼	第六天寄居蟹會在天然殼之間換殼住但不適合的殼仍不住	
		

8. 加重3D 螺殼比重再次實驗大型寄居蟹仍不入住：

為了改良3D 螺殼密度太小，體型大的寄居蟹入住時會有重心不穩、滑倒的現象，我們將 ABS 螺殼用塗上塑鋼加重重量到與天然螺殼相近的比重，再次測試寄居蟹入住情形:結果顯示:寄居蟹雖然會探看加重後的3D 螺殼，但48小時過後仍不進住。

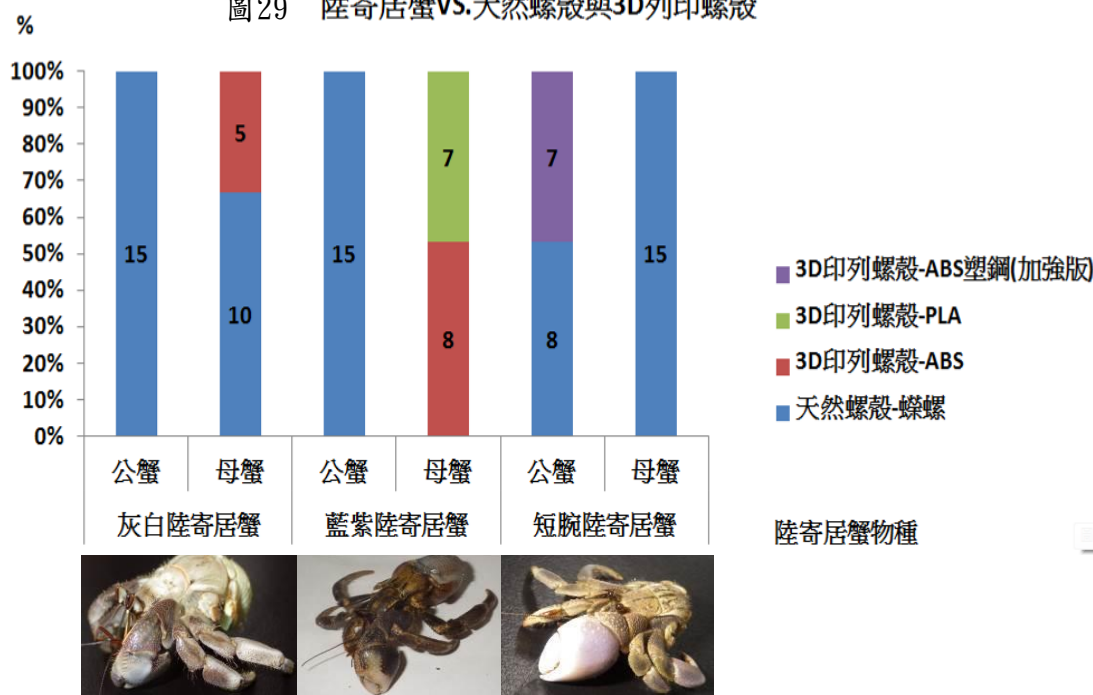


(三) 不同種類陸寄居蟹對3D 列印螺殼材質選殼實驗：

表12 不同種類陸寄居蟹對3D 列印螺殼材質選殼實驗結果

種類		天然螺殼	3D 列印螺殼		
		螯螺	ABS 塑膠	PLA 木料	ABS 塑鋼(加強版)
灰白 陸寄居蟹	公蟹	15	0	0	0
		100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	母蟹	10	5	0	0
		66.7%	33.3%	0.0%	0.0%
	總數	25	5	0	0
		83.3%	16.7%	0.0%	0.0%
藍紫 陸寄居蟹	公蟹	15	0	0	0
		100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	母蟹	0	8	7	0
		0.0%	53.3%	46.7%	0.0%
	總數	15	8	7	0
		50.0%	26.7%	23.3%	0.0%
短腕 陸寄居蟹	公蟹	8	0	0	7
		53.3%	0.0%	0.0%	46.7%
	母蟹	15	0	0	0
		100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	總數	23	0	0	7
		76.7%	0.0%	0.0%	23.3%

圖29 陸寄居蟹VS.天然螺殼與3D列印螺殼



● 結果討論：

1. 灰白陸寄居蟹喜好選住天然殼，選住天然螺殼比例佔83.3%，其次為短腕陸寄居蟹的76.7%；而藍紫陸寄居蟹使用3D 列印螺殼與天然螺殼的比例各半。
2. 藍紫陸寄居蟹母蟹較容易適應3D 列印螺殼，牠們喜好質量輕的3D 列印螺殼，遠大於其他物種；而短腕陸寄居蟹則以公蟹較能適應3D 列印螺殼(塑鋼-加強版)。
3. 灰白陸寄居蟹只能適應質量較輕的、光滑的ABS螺殼，而藍紫陸寄居蟹則對ABS與質量稍重、內外粗糙的PLA螺殼皆可適應，至於短腕陸寄居蟹則喜好質量重的塑鋼材質螺殼。

陸、 結論

一、 陸寄居蟹棲地生態調查：

- (一) 寄居蟹較喜好棲息於透水性高的小礫石或大礫石所組成的底質。
- (二) 短腕陸寄居蟹屬性偏向陸棲性，喜好植被覆蓋率高的闊葉林地，與偏鹼性的土壤，而其寄居螺殼也以陸地易取材的陸生蝸牛、沖天炮殼為主。
- (三) 灰白陸寄居蟹則屬性偏向半陸棲性，喜好週遭有半鹹水或淡水水域與裸露的沙灘，其底質偏中性，而灰白陸寄居蟹寄居螺殼也以沙灘易尋找的海水螺與淡水螺。

表13 南部地區陸寄居蟹棲地特性與種類寄居螺殼比較

棲地	海拔	植被覆蓋率	底質		週遭水域		寄居蟹	
	(m)	(%)	pH	主要組成	種類	鹽度	種類	主要寄居螺殼
墾丁後壁湖	2	30	7.0	大礫石(60%) 細砂(19%) 中砂(11%)	河口	23‰	灰白	淡水螺(網蝸)
								海水螺(結螺)
墾丁青年活動中心	7	100	8.0	小礫石(38%) 大礫石(19%) 細砂(14%)	無	無	短腕	陸生蝸牛(球蝸牛)
								海水螺(螯螺)
								廢棄物(沖天炮)
高雄西子灣湧泉	15	0	7.5	小礫石(73%) 大礫石(20%) 粗砂(6%)	湧泉	0‰	灰白	海水螺(海蝓)
								淡水螺(錐螺)

二、 陸寄居蟹寄居螺殼分析：寄居螺殼殼口寬與寄居蟹前節長(螯足長)有高度正相關，寄居蟹選殼會尋找適合前節長的螺殼寬。

三、 寄居蟹的飼養行為觀察：寄居蟹屬於雜食性生物，喜好群聚生活，具有攀爬與鑿砂的能力，在高溫或是潮濕的環境下，會使寄居蟹活動力旺盛，而寄居蟹選殼行為上會喜好右旋無破損的螺殼。

四、 寄居蟹選殼實驗：實驗後發現若寄居蟹受驚嚇時，會隨機選殼，此外寄居蟹會偏好選擇沒有其他寄居蟹住過、空間大、殼口寬的天然螺殼。

五、 3D 列印螺殼 VS. 寄居蟹：

- (一) 寄居蟹對於合成樹脂 (ABS)與40%回收木料(似 PLA)的人造螺殼的適應力低。
- (二) 寄居蟹越小，對人造螺殼的適應力較高，其中又以合成樹脂 (ABS)較好。
- (三) 3D 列印螺殼不受寄居蟹青睞，可能是材質密度小、殼表摩擦力低導致入住螺殼時，重心不穩或滑倒，此外，40%回收木料(似 PLA)殼內又較為粗糙，易吸水，而使其不願入住。
- (四) 對3D 列印殼的適應性以藍紫陸寄居蟹最佳，尤其是母蟹；灰白陸寄居蟹只能適應小型 ABS 螺殼，至於短腕陸寄居蟹則喜好塑鋼加重的 ABS 材質螺殼。

六、 歸納陸寄居蟹安心成家的方式：

- (一) 天然螺殼 VS. 人為廢棄物：寄居蟹較喜歡天然螺殼，主要是因為人為廢棄物結構不具螺旋狀，寄居蟹腹部無法勾住外殼，使行走時容易脫落。

- (二) 殼長大小：寄居蟹在環境壓迫下，會隨機寄居螺殼，但當環境狀況穩定後，會選擇較大的螺殼寄居。
- (三) 殼口大小：寄居蟹會選擇殼口大的螺殼寄居，不論當時的環境壓力如何，殼口太過狹小的螺殼，寄居蟹也不會入住。
- (四) 螺殼外型：寄居蟹對螺殼形狀無特殊偏好，會隨機入住。
- (五) 螺殼氣味：寄居蟹較喜歡沒有其他寄居蟹住過的螺殼，其次是模擬自然腐植質的螺殼。
- (六) 螺殼材質：寄居蟹喜歡天然螺殼，密度太小、殼表太光滑、殼內太粗糙、易吸水的3D 列印人造螺殼，偏好度較低。

柒、心得與展望

經過這次的實驗我們不僅了解到人工廢棄物與3D 列印殼對寄居蟹而言，真的不是適合的家，還是天然殼最好!因此除了呼籲要保護寄居蟹棲地之外，遊客們切勿帶走海邊的螺殼，此外，許多為寄居蟹募殼的人須思考所置放的螺殼是否是適合居住的螺殼?此次的實驗只針對寄居蟹的”住”作探討，然而住進去之後寄居蟹還必須完成交配、生殖、排放受精卵與幼體等過程才能完成生活史，如果住錯殼又會發生甚麼意外呢?值得未來繼續探究~

捌、參考文獻

- 一、孟培傑。2007年。人為活動對墾丁國家公園海域生態衝擊之長期監測研究。國家公園學報 17(2): 89-111。
- 二、李榮祥。2007年。墾丁國家公園後灣地區陸蟹棲地資源調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託調查報告。
- 三、許曉雯等人。2007年。沒殼怎麼辦？猶豫寄居蟹(*Clibanarius virescens*)換殼策略之研究。中華民國第四十七屆國中組生物及地球科學科科展
- 四、McLaughlin, et. al。2007年。台灣寄居蟹類誌。國立台灣海洋大學
- 五、詹榮桂。2009年。後壁湖海洋資源保護區資源調查。墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告。
- 六、吳亮震等人。2009年。寄居蟹 - 「殼」以，不「殼」以？中華民國第四十九屆高中組生物科科展
- 七、胡介申。2010。以不同方法分析活額寄居蟹之螺殼資源利用。國立中山大學海洋生物科技暨資源學系研究所碩士論文。
- 八、施習德。2012年。東沙島潮間帶至陸域蟹類與寄居蟹調查。海洋國家公園管理處成果報告。
- 九、馮柏諺等人。2013年。蟹蟹光臨～皺紋陸寄居蟹(*Coenobita rugosus*)探究。中華民國第五十三屆國小組生物科科展。

【評語】 030318

本研究著眼於為寄居蟹找個好家，所以從事寄居蟹棲地與外殼的研究。參考了一些過去相關題材的科展成果，加以擴大。從為寄居蟹找殼的過程中間，了解寄居蟹對「家」的需求，很適合中學生的初探索。