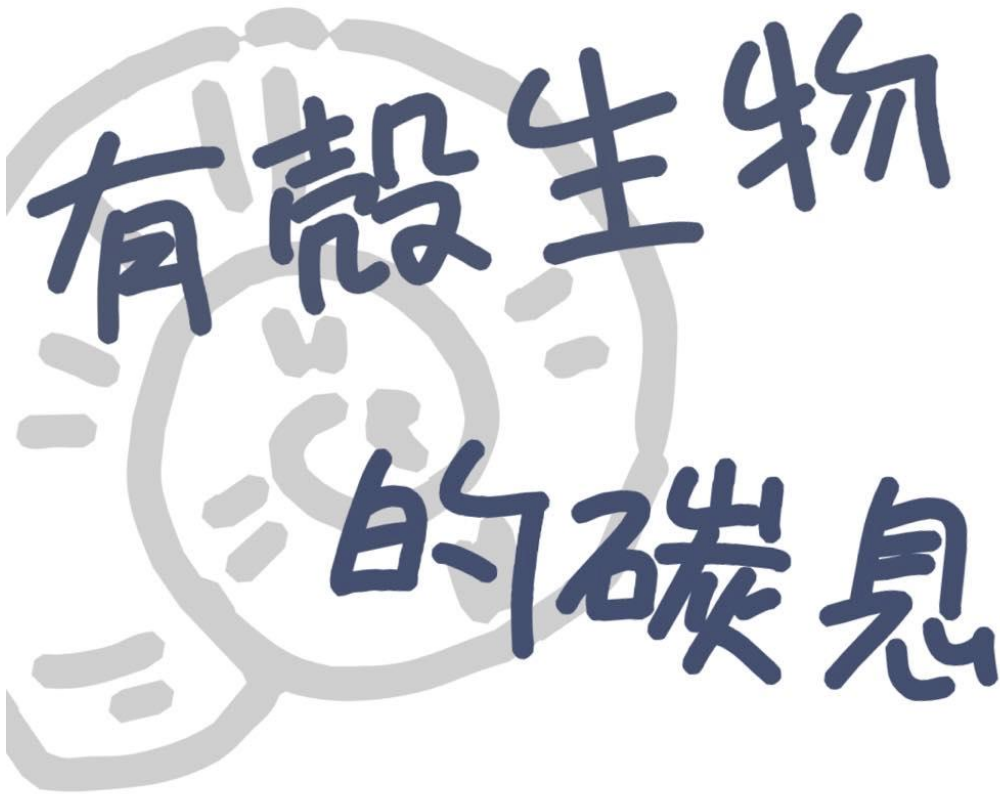


中華民國第 61 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國中組

作品名稱：有殼生物的”碳”息



關鍵詞：pH 值、有殼生物、地球暖化

編號：B5014

## 目錄

摘要.....	第1頁
壹、 研究動機.....	第2頁
貳、 研究目的.....	第2頁
參、 研究器材及場地.....	第4頁
肆、 研究過程及方法.....	第6頁
伍、 研究結果與討論.....	第9頁
一、探討95~107年小琉球監測站海水溫度的變化情形.....	第10頁
(一). 比較95~107年監測站海水溫度逐年變化情形.....	第10頁
(二). 比較95~107年監測站海水溫度逐月變化情形.....	第11頁
二、探討不同的汙染物對蛤蜊影響.....	第13頁
三、探討不同CO <sub>2</sub> 含量的溶液對蛤蜊影響.....	第13頁
四、探討不同濃度的pH值對蛤蜊影響.....	第20頁
五、探討不同溫度的環境對蛤蜊影響.....	第20頁
六、探討不同pH值的溶液對不同的有殼生物的影響.....	第22頁
陸、 結論.....	第25頁
柒、 參考資料.....	第27頁

# 作品名稱：有殼生物的”碳”息

## 摘要

我們透過氣象數據的分析和實驗瞭解影響海洋中有殼生物生存的因子，並找出減少海洋污染物質的辦法，我們研究發現：

- 一、近年來的海水溫度變化不大，但若是將時間拉長來看，溫度是呈現持續上升的狀況
- 二、殼重的減低情況：人畜尿液>家用廢水>工業廢水；  
硬度的減低情況：小蘇打水>紅茶>維他命 C=水
- 三、加入海水的氣泡水比起純氣泡水還更容易影響貝殼生長，且加入愈多海水的氣泡水愈容易影響貝殼生長
- 四、pH 值愈低，殼重量及硬度減輕的情況愈明顯。
- 五、殼重及硬度的減低情況都是溫度變化忽高忽低最嚴重。
- 六、牡蠣和海瓜子在越酸的環境中重量減輕越多；錐螺、鳳螺、珊瑚、孔雀蛤在酸中硬度有明顯的減弱；西施舌和海瓜子在酸中模擬海浪翻滾衝擊實驗中碎裂現象最明顯。
- 七、海洋酸化對各種生物的影響不同，有些減輕殼重，有些減低硬度、有些則減弱海浪翻滾的重擊力，總而言之就是對海中有殼生物的生長和生存有很大的影響，身為人類得我們應該要正視這問題。



## 壹、研究動機

近年來海洋污染的問題嚴重，人類活動影響海洋生物生存，一直是大家關注的問題，報章雜誌上也經常出現關於工廠傾倒廢水直流入海，造成海洋污染影響海洋生物生存的報導。在2019屏東燈會上，其中有一個由蚵殼堆砌而成的主燈——海之女神，這讓我們不禁思考海洋污染的問題是否會影響有殼生物的生存，因此我們希望透過分析近十年來的海溫變化，實驗各種污染物、不同的CO<sub>2</sub>含量和不同溫度對不同有殼生物殼的影響，來確立海洋污染、溫室效應、海水酸化會影響有殼生物的生存的新聞報到是否屬實。

## 貳、研究目的

### 一、探討小琉球海水溫度的變化情形

- (一). 比較95~107年監測站海水溫度逐年變化情形
- (二). 比較95~107年監測站海水溫度逐月變化情形
- (三). 定期測量東港海域海水的溫度和PH值的變化

### 二、探討水中不同的污染物對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

### 三、探討水中不同CO<sub>2</sub>含量對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

### 四、探討不同pH值的海水對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

### 五、探討不同溫度的海水對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

### 六、探討不同種的有殼生物在酸化海水中殼重量和硬度的變化

## ◎文獻探討與名詞解釋

### 一、溫室效應

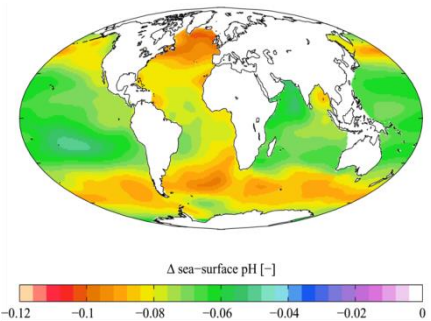
太陽為地球的氣候提供動力，它以甚短波的形式輻射能量，主要是可見光或近可見光(如紫外線)。到達地球大氣層頂的太陽能中大約有三分之一被直接反射回太空，剩下的三分之二主要被地球表面，其次被大氣吸收，然後又被輻射回地球。這就是所謂的溫室效應。如果沒有自然的溫室效應，地球表面的平均溫度會降到水的冰點以下。因此，沒有地球的自然溫室效應，就不可能有我們現在的生活。但是，人類的活動，主要是燃燒石化燃料和毀林，大大地加強了自然溫室效應，引起全球變暖。

### 二、海水酸化

海洋**酸化**（英語：Ocean acidification）指的是地球海洋攝入大氣中的二氧化碳後，pH值逐漸降低的趨勢人類向大氣排放的二氧化碳中有約30%到40%會溶解於海洋、河流和湖泊等水體中溶解的二氧化碳中的一部分會和水生成碳酸，電離出氫離子，導致**海水**的鹼性減弱，「酸度」升高。

1751到1994年，海洋表層海水的pH值從8.25降低到了8.14，意味著氫離子濃度幾乎增加了30%海洋酸化和其他生物地理化學變化的綜合有可能破壞海洋生態系統的功能，對很多海洋物種產生影響。

海洋酸化被認為具有一系列不良後果，比如抑制了**洪堡烏賊**的新陳代謝速度和**藍貽貝**的免疫響應以及加速**珊瑚漂白**過程。海洋酸度的增加還帶來了其他的化學反應，它造成了**碳酸根**離子的增加，這會減慢**珊瑚蟲**和浮游生物等海洋生物的成鈣過程，已經形成的鈣質也更易溶解。地球歷史上曾經發生過海洋酸化，最典型的例子是發生於約五千六百萬年前的**古新世-始新世氣候最暖期**，由於某些未知的的原因，大量的二氧化碳進入大氣和海洋，導致大量生物死亡，所有海盆的碳酸鈣沉積物發生溶解。哪海洋酸化會有怎樣的後果呢？在此首先要明確海洋不是酸性的，而且海洋不會變成酸性。海洋酸化指的是海水溶解了更多大氣中的二氧化碳(CO<sub>2</sub>)，從而導致海水氫離子濃度升高，酸鹼值降低、酸性增大的過程。百度百科介紹說，海水的弱鹼性有利於海洋生物利用碳酸鈣形成介殼。天然海水的酸鹼值(pH)穩定在7.9至8.4之間，而未受污染的海水pH值在8.0至8.3之間。工業革命以來，人類活動釋放的二氧化碳有1/3以上被海洋吸收，這使表層海水的氫離子濃度在近二百年間增加了三成，pH值下降了0.1。有研究認為，預計到本世紀末，海水的酸鹼值將降低至7.8左右，海水的酸度比正常狀態下大幅升高，所以，珊瑚的生存面臨威脅。當海洋的酸度達到貝殼開始溶解的程度時，以貝類為食的其他生物將不得不尋找新的食物。



<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B5%B7%E6%B4%8B%E9%85%B8%E5%8C%96>

## 參、研究器材及設備

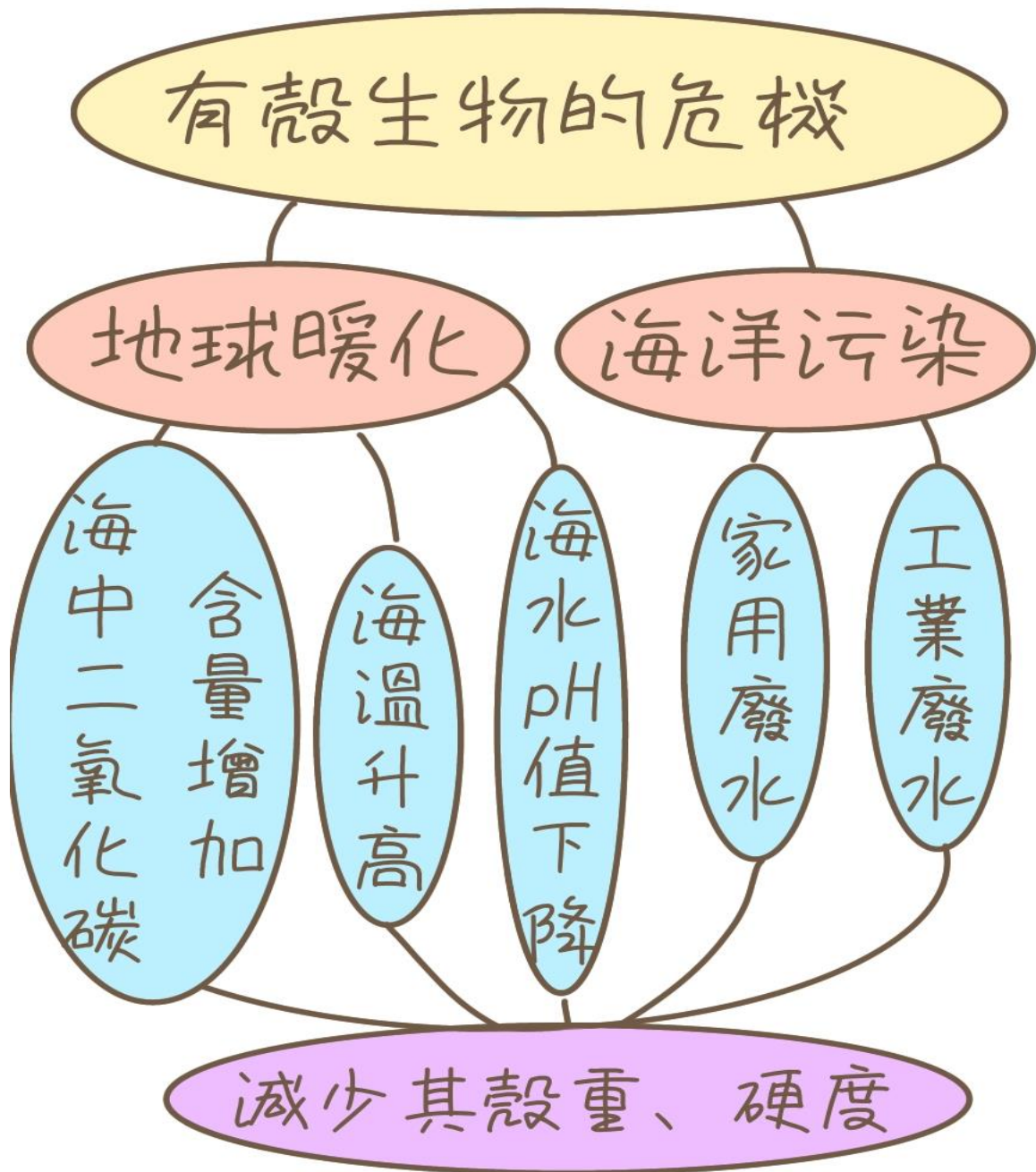
### 一、 研究器材

<p>塑膠碗</p> 	<p>海水</p> 	<p>水 氣泡水</p> 	<p>燒杯</p> 	<p>電子秤</p> 
<p>滴管</p> 	<p>吹風機</p> 	<p>洗衣袋</p> 	<p>石頭、沙子</p> 	<p>洗碗精</p> 
<p>十元硬幣</p> 	<p>塑膠管(自製)</p> 	<p>紅茶</p> 	<p>維他命C</p> 	<p>檸檬汁</p> 
<p>尿素</p> 	<p>鹽酸</p> 	<p>鹽巴</p> 	<p>殺蟲劑</p> 	<p>玉米鬚茶</p> 
<p>硼砂</p> 	<p>小蘇打水</p> 	<p>pH質檢測儀</p> 	<p>溫度計</p> 	<p>砝碼</p> 
<p>九孔</p> 	<p>文蛤</p> 	<p>牡蠣</p> 	<p>珊瑚</p> 	<p>氫氧化鈉</p> 
<p>西施舌</p> 	<p>海瓜子</p> 	<p>孔雀蛤</p> 	<p>鳳螺</p> 	<p>錐螺</p> 

### 二、 研究場地

<p>室內抽屜</p> 	<p>冰箱冷藏</p> 	<p>植物培養箱</p> 	<p>窗台</p> 	<p>洗衣機翻滾</p> 
---	---	--	--	--

三、研究架構：



## 肆、研究過程及方法

### 一、探討小琉球海水溫度的變化情形

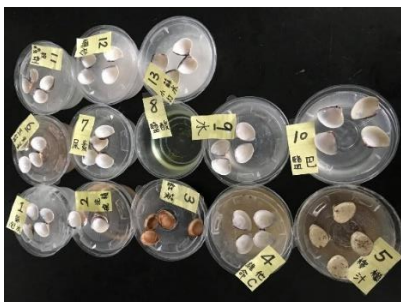
- (一)從屏東上交通部中央氣象局，搜尋小琉球海溫，再選年次，記錄從95年1月到107年12月，每月海溫變化。
- (二)分析搜尋的資料。
- (三)每週測量東港海域的海域溫度及海水的pH 值的變化。



### 二、探討水中不同的汙染物對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

#### (一)實驗組設計：

1. 氣泡水(模擬酸化海洋)
2. 洗碗精(模擬家用廢水)
3. 紅茶(模擬家用廢水)
4. 維他命C(模擬家用廢水)
5. 檸檬汁(模擬家用廢水)
6. 玉米鬚茶(模擬家用廢水)
7. 尿素(模擬人畜排放尿液)
8. 鹽酸
9. 水
10. 鹽水(模擬文蛤生長的地方)
11. 殺蟲劑(模擬家用廢水)
12. 硼砂(模擬工業廢水)
13. 小蘇打水(模擬工業廢水)



將蛤蜊泡在不同的污染液中

#### 硬度檢測 (一)

1. 製作一個能令十元硬幣及砝碼通過的塑膠管
2. 把硬幣及砝碼以同樣的高度從自製塑膠管中砸向貝殼
3. 重複摔落數次直至貝殼碎裂
4. 看要砸多少重量的硬幣或砝碼貝殼才會碎裂
5. 紀錄貝殼碎裂後的情形
6. 將貝殼裝入夾鏈袋中保存，以備日後查詢

#### 硬度檢測 (二)——模擬海浪衝擊貝殼的情形

1. 將貝殼放入夾鏈袋並密封
2. 放入洗衣袋中並將其放入洗衣機中加入些許的水令洗衣袋中的貝殼翻滾摩擦和碰撞
3. 持續三十分鐘
4. 以碎裂級數(如下)紀錄貝殼翻滾後的碎裂情形

1級:沒碎	2級:25%	3級:50%	4級:75%	5級:100%
				



## (二)實驗步驟:

1. 準備一個塑膠碗，用量杯測量 200ml 的實驗溶液，並將其加入塑膠碗中。
2. 再用量杯測量 100ml 的水，加入塑膠碗中。
3. 測量檢測物的重量。
4. 將檢測物加入已加入實驗溶液的塑膠碗中，並蓋上蓋子。
5. 每隔一天測量一次檢測物(蛤蜊殼)的重量。
6. 重複步驟(5)一個月
7. 實驗結束後檢測蛤蜊殼的硬度
8. 紀錄並分析實驗結果

## 三、探討水中不同CO<sub>2</sub>含量對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

### 三~1:使用有氣的氣泡水—CO<sub>2</sub>含量較多

#### (一)實驗組設計:

1. 氣泡水:水=1:0
2. 氣泡水:水=4:1
3. 氣泡水:水=3:2
4. 氣泡水:水=2:3
5. 氣泡水:水=1:4
6. 氣泡水:水=0:1

#### (二)實驗步驟:

1. 將準備好的兩瓶氣泡水混合
2. 將氣泡水用以上比例各別混合成200ml的溶液
3. 將以上溶液分別倒入有蓋子的碗中
4. 測量檢測物(蛤蜊殼)的重量
5. 加入檢測物並蓋上蓋子
6. 每隔一週測量兩次檢測物(蛤蜊殼)的重量，並持續一個月
7. 方法同實驗二的步驟7-8

### 三~2:使用沒有氣的氣泡水—CO<sub>2</sub>含量較少

#### (一)實驗組設計:

1. 氣泡水:水=1:0
2. 氣泡水:水=3:1
3. 氣泡水:水=1:1
5. 氣泡水:水=1:3
6. 氣泡水:水=0:1

#### (二)實驗步驟:

1. 將氣泡水打開放置於室溫中10小時
2. 蓋上蓋子，搖晃數次後打開蓋子
3. 重複步驟(2)數次直到沒氣

目的:使氣泡水內壓力與大氣壓力平衡

4. 將準備好的兩瓶氣泡水混合成實驗組的比例
5. 方法同實驗三~1的步驟5~6

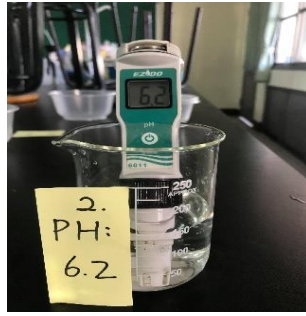
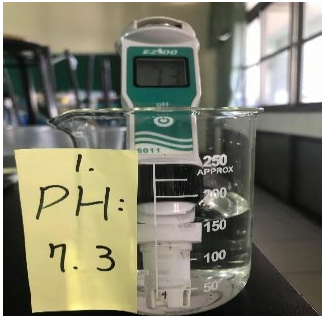
#### 四、探討不同pH值的海水對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

##### (一) 實驗組設計:

1. pH值:7.3
2. pH值:6.2
3. pH值:5.1
4. pH值:4.2

##### (二) 實驗步驟:

1. 準備一個塑膠碗，加入 200ml 海水
2. 用滴管加入鹽酸調和溶液 pH 值為 7.3、6.2、5.1、4.2
3. 測量蛤蜊殼的重量
4. 將蛤蜊殼加入實驗溶液的塑膠碗中，並蓋上蓋子。
5. 每隔一週測量兩次檢測物(蛤蜊殼)的重量。
6. 重複步驟(7)一個月
7. 方法同實驗二的步驟 7~8



#### 五、探討不同溫度的海水對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

##### (一) 實驗組設計:

1. 冰箱冷藏室(模擬寒冷環境)
2. 室內溫
3. 室外溫
4. 植物培養箱(模擬炎熱環境)
5. 溫度忽高忽低(一天放冰箱冷藏室5℃，一天放植物培養箱34℃)

##### (二) 實驗步驟:

1. 將海水分別倒入有蓋子的碗中
2. 測量檢測物的重量
3. 加入檢測物並蓋上蓋子
4. 分別放到以上實驗組5個地點地點
5. 每隔一週測量兩次檢測物的重量，並持續一個月
6. 方法同實驗二的步驟7~8

## 六、探討不同種的有殼生物在酸化海水中殼重量和硬度的變化

### (一) 實驗組設計：

1. 珊瑚
2. 文蛤
3. 牡蠣
4. 九孔
5. 西施舌
6. 海瓜子
7. 孔雀蛤
8. 鳳螺
9. 錐螺

### (二) 實驗步驟：

1. 準備一個大桶子，加入數公升的海水
2. 用滴管加入鹽酸調和溶液，  
調配 pH 值 8、7、6、5、4、3 的海水溶液
3. 秤實驗組九種有殼生物的重量後放入配好的酸性海水中。
4. 方法同實驗三~1 的步驟 5~6

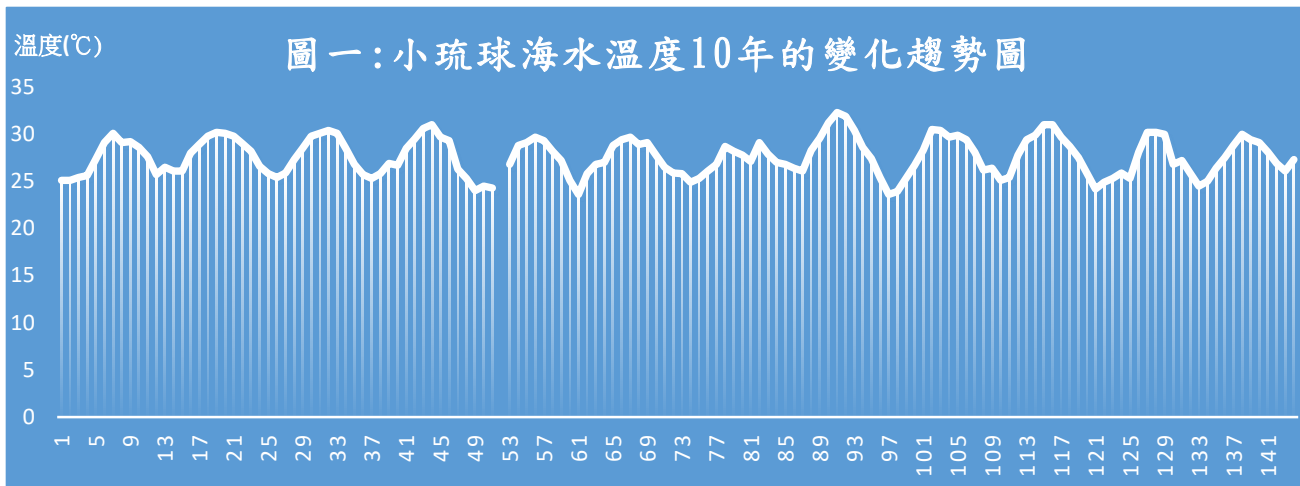


將不同有殼生物泡在不同 pH 值的溶液中

## 伍、研究結果與討論

### 一、探討小琉球海水溫度的變化情形

我們比較了十年來小琉球海溫的年變化情形，結果如下圖：

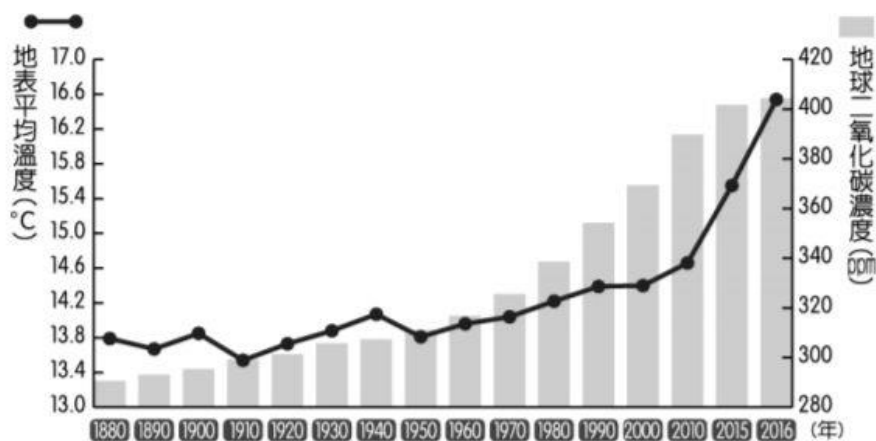


### 東港海邊實地測量記錄(由 2020/10~2021/2)

日期時間	10月	11月	12月	1月	2月
水溫	23.2	—	27.3	24.2	25.2
pH值	7.3-7.4	—	7.3-7.4	7.3-7.4	7.7-7.8

### 【結果與討論】：

- (一)由上圖可知，96-98年的海溫，起伏不大，較為穩定，約在20°C~30°C之間。
- (二)自99年起，海溫逐漸趨於不穩定，忽高忽低，溫差較大。
- (三)我們只有10年的資料，海水溫度變化不大，但是若時間拉長50、100年(如下圖)，或許就能理解到海洋中的生物正面臨的危機。
- (四)我們推測改變有殼生物殼的質量的因素可能不只是高溫，還可能是不穩定的海溫，而驗證的方法是什麼?我們會在第五點揭曉。
- (五)實地測量東港大鵬灣海水的溫度(10月~2月)約23.2~27.3°C，pH值7.3~7.8。



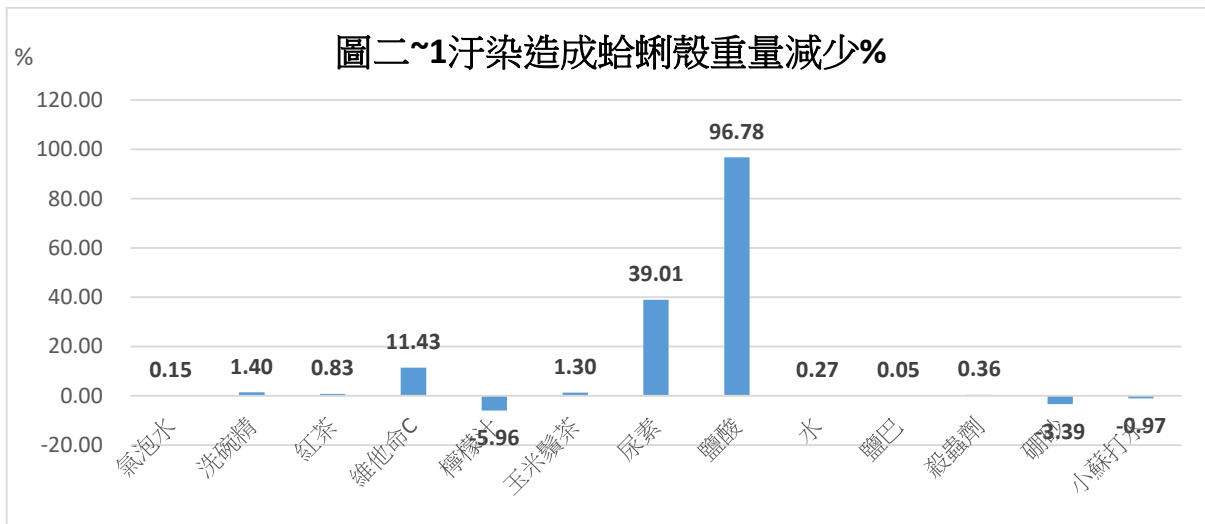
1880~2016年地表溫度和CO<sub>2</sub>濃度變化關係，136年來，地表溫度上升將近3°C，CO<sub>2</sub>濃度上升200ppm

## 二、探討水中不同的污染物對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

由於家庭排放的廢水成份種類繁多，這些物質流入水中，到底會不會影響水中有殼生物殼的製造及結構呢？我們使用了家中常用的溶液來做測試，結果如下：

(表二-1) 家中排放的各種廢水對蛤蜊殼重量的影響

污染物	實驗前(g)	實驗後(g)	重量差(g)	重量減少%
氣泡水	13.15	13.13	0.02	0.15
洗碗精	15.01	14.8	0.21	1.40
紅茶	12.02	11.92	0.1	0.83
維他命C	12.69	11.24	1.45	11.43
檸檬汁	13.6	14.41	-0.81	-5.96
玉米鬚茶	14.59	14.4	0.19	1.30
尿素	25.76	15.71	10.05	39.01
鹽酸	16.48	0.51	15.95	96.78
水	11.16	11.13	0.03	0.27
鹽巴	18.27	18.26	0.01	0.05
殺蟲劑	11	10.96	0.04	0.36
硼砂	12.39	12.81	-0.42	-3.39
小蘇打水	12.39	14.57	-0.12	-0.97



表二~2: 硬度變化表1: (硬幣數量越多，代表越不容易碎)

汙染物	氣 泡 水	洗 碗 精	紅 茶	維 他 命 C	檸 檬 汁	玉 米 鬚 茶	尿 素	鹽 酸	水	鹽 巴 水	殺 蟲 劑	硼 砂	小 蘇 打 水
使貝殼破裂的十元硬幣數量	2	4	4	2	2	3	5	X	1	6	1	4	4
對照組	氣 泡 水	洗 碗 精	紅 茶	維 他 命 C	檸 檬 汁	玉 米 鬚 茶	尿 素	鹽 酸	水	鹽 巴 水	殺 蟲 劑	硼 砂	小 蘇 打 水
使貝殼破裂的十元硬幣數量	2	5	7	4	2	2	5	X	3	7	3	3	14

表二~3: 硬度變化2 (級數越高，破裂越嚴重)

	1. 氣 泡 水	2. 洗 碗 精	3. 紅 茶	4. 維 他 命 C	5. 檸 檬 汁	6. 玉 米 鬚 茶	7. 尿 素	8. 鹽 酸	9. 水	10. 鹽 巴	11. 殺 蟲 劑	12. 硼 砂	13. 小 蘇 打 水
殼破裂級數	1	2	1	2	3	3	2	無	1	1	2	1	1

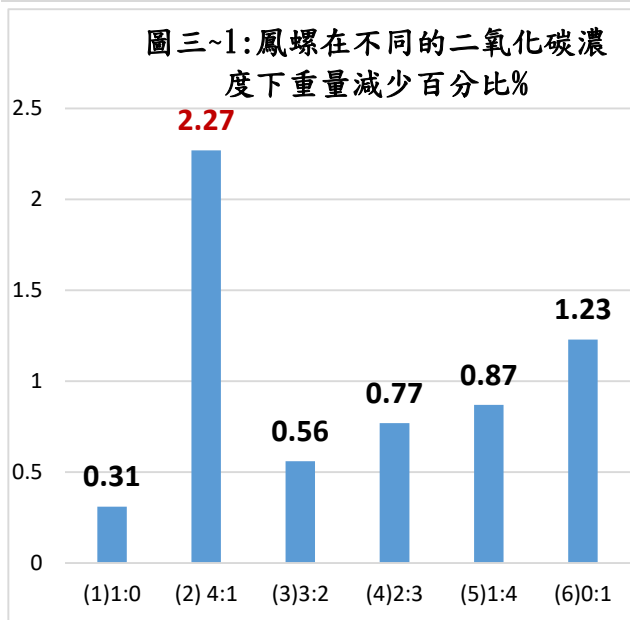
## 【結果與討論】

- (一) 我們發現鹽酸和尿素對蛤蜊殼影響最大，鹽酸甚至第一周就把殼腐蝕光了，洗碗精和維他命C對殼的影響次之，其他則短期看不出影響。
- (二) 其中泡過檸檬汁、硼砂、小蘇打水、的貝殼都有產生結晶，而泡過紅茶的貝殼產生茶垢，所以重量都有微微增加。
- (三) 蛤蜊殼的主要成分是碳酸鈣，會和酸反應產生二氧化碳，所以水質變酸對有碳酸鈣殼的生物會影響很大，而且我們的家庭廢水是持續在產生，破壞也會持續發生，不像實驗中，沒有添加新的汙染物，所以對殼的傷害看起來沒那麼嚴重。因此如果拉長實驗時間並適時添加汙染物，結果可能更貼近真實狀況。
- (四) 小蘇打水對硬度的影響最大，紅茶次之，維他命C和水並列第三，其他溶液對硬度的影響不大。
- (五) 模擬海浪衝擊，發現泡過檸檬汁、玉米鬚茶較容易破裂，洗碗精、尿素、維他命C、殺蟲劑次之，氣泡水、紅茶、鹽巴、小蘇打、硼砂則和水差不多，僅有些許磨損。

### 三、探討水中不同CO<sub>2</sub>含量對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

CO<sub>2</sub>增加除了造成溫室效應全球暖化外，也可能導致海水酸化，影響水中有殼生物殼的製造及生長，因此我們想要了解水中CO<sub>2</sub>含量到底對有殼生物的殼的重量減輕有多大的影響，所以我們做了實驗，結果如下表：

表三~1:使用有氣的氣泡水—CO<sub>2</sub>含量較多對鳳螺殼重的影響(以鳳螺取代文蛤)



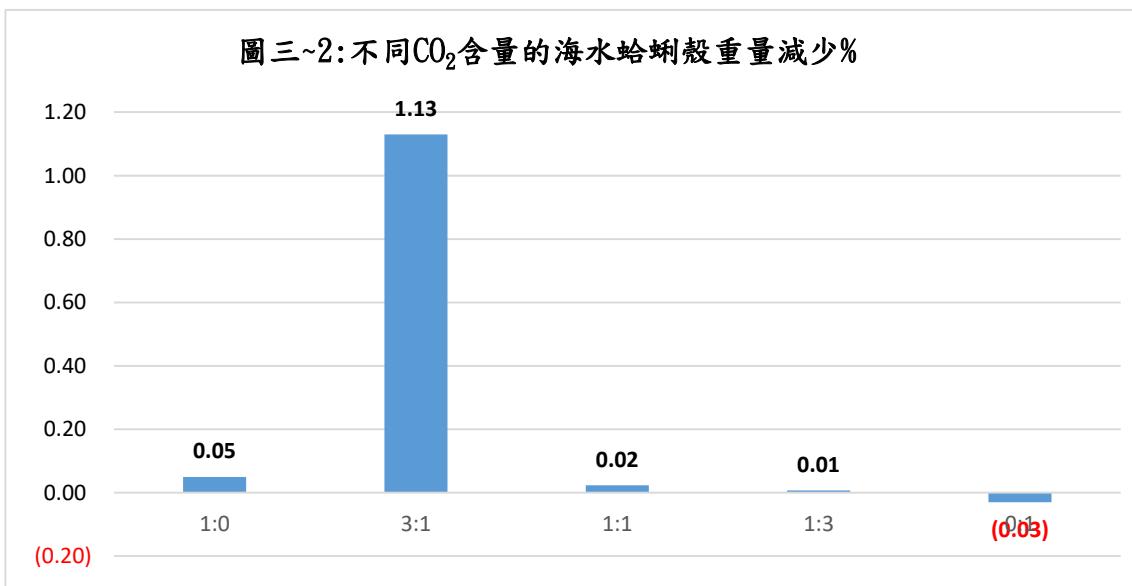
鳳螺	實驗前	實驗後	重量差	重量減少百分比%
(1)1:0	6.44	6.42	0.02	0.31
(2)4:1	7.04	6.88	0.16	2.27
(3)3:2	7.16	7.12	0.04	0.56
(4)2:3	6.47	6.42	0.05	0.77
(5)1:4	6.90	6.84	0.06	0.87
(6)0:1	6.48	6.40	0.08	1.23

(一). 由上圖可知，加入海水的氣泡水能使鳳螺減輕較多的重量，然而其他比例的氣泡水卻不符合我們的預想，因此我們認為是實驗前未使氣泡水放氣致氣泡水最終比例不平衡且過程出問題造成的，而重新設計了一個實驗，結果如下：

表三~2:使用沒氣的氣泡水—CO<sub>2</sub>含量較多對文蛤殼重的影響

氣泡水:水	實驗次數	實驗前	實驗後	重量差	重量減少%
1:0	1	4.38	4.35	0.03	0.68
	2	3.70	3.71	-0.01	(0.27)
	3	3.77	3.78	-0.01	(0.27)
3:1	1	3.08	3.03	0.05	1.62
	2	4.05	4.11	-0.06	(1.48)
	3	3.93	3.88	0.05	1.27
1:1	1	3.76	3.74	0.02	0.53
	2	3.47	3.47	0	0.00
	3	3.60	3.56	0.05	1.39
1:3	1	3.02	3.08	-0.06	(1.99)
	2	4.13	4.07	0.06	1.45
	3	3.49	3.47	0.02	0.57
0:1	1	3.51	3.56	-0.05	(1.42)
	2	4.99	5.00	-0.01	(0.20)
	3	3.05	3.08	-0.03	(0.98)

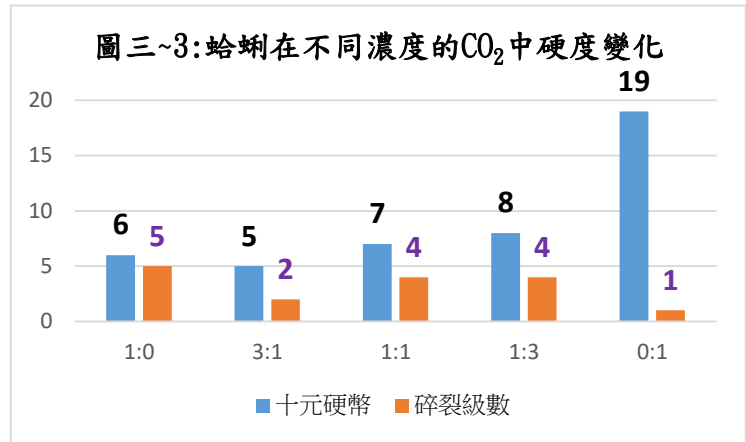
圖三~2:不同CO<sub>2</sub>含量的海水蛤蜊殼重量減少%





表三~3: 硬度變化表(硬幣數量越多, 級數越低代表越不容易碎)

氣泡水:海水	十元硬幣	級數
1:0	6	5
3:1	5	2
1:1	7	4
1:3	8	4
0:1	19	1



### 【結果與討論】：

- (一) 由上圖三~2可知, 加入一些海水的氣泡水(3:1)比起純氣泡水(1:0)更容易使蛤蜊的重量減輕。因此我們推測可能是海水中的某些物質與CO<sub>2</sub>結合產生減輕蛤蜊重量的物質。
- (二) 除了3:1的比例之外, 含CO<sub>2</sub>越多的海水, 使蛤蜊殼重量減輕的百分比越多。
- (三) 由表三~3和圖三~3發現含CO<sub>2</sub>越多的海水, 使蛤蜊殼硬度減低的越多, 殼較脆弱, 遇到海浪撞擊容易破碎, 所以海中CO<sub>2</sub>越多, 對這些有殼生物的生存機率可能會下降許多。

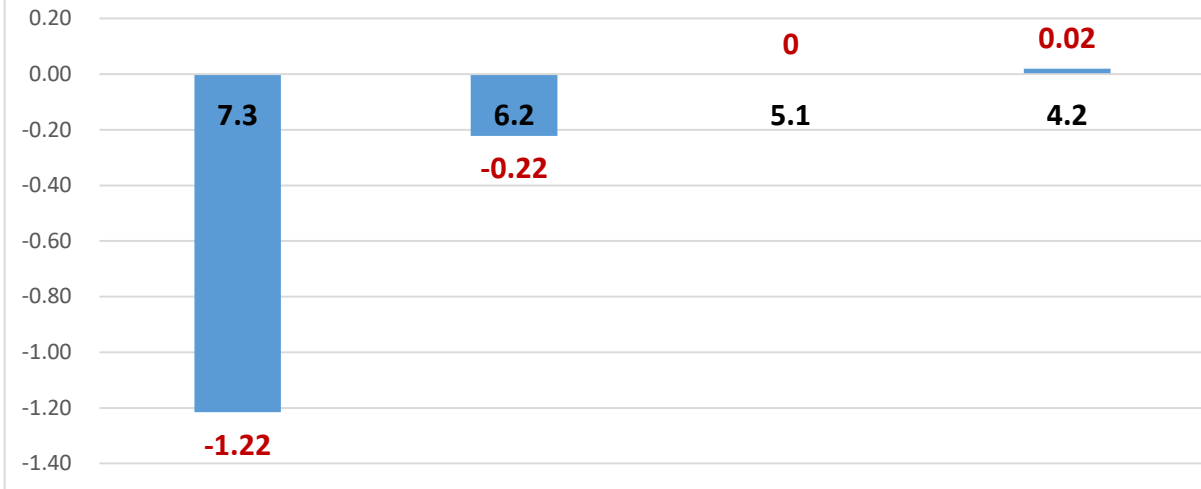
### 四、探討不同pH值的海水對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

由實驗二和三我們發現酸是讓有殼生物殼減輕的重要因素, 不同的酸鹼值對蛤蜊殼重量減輕的影響有多大呢? 我們由下面的結果來說明。

表四~1: 不同pH值的水對蛤蜊殼殼重減輕的影響

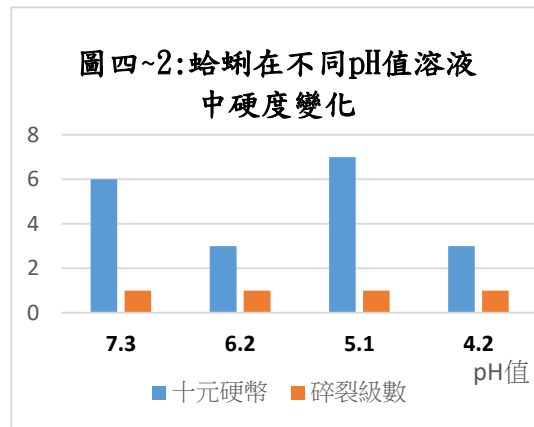
pH 值	實驗次數	實驗前	實驗後(曬乾)	重量差	重量減少%
7.3	1	3.08	3.1	-0.02	-0.65
	2	3.26	3.29	-0.03	-0.92
	3	3.37	3.44	-0.07	-2.08
6.2	1	3.23	3.23	0	0.00
	2	4.5	4.53	-0.03	-0.67
	3	4.53	4.53	0	0.00
5.1	1	3.52	3.52	0	0.00
	2	3.19	3.19	0	0.00
	3	3.05	3.05	0	0.00
4.2	1	3.56	3.54	0.02	0.56
	2	3.44	3.42	0.02	0.58
	3	3.3	3.28	0.02	0.61

圖四~1:不同pH值的水對蛤蜊殼殼重減輕的影響



表四~2:不同pH值的水對蛤蜊殼殼硬度減輕的影響

pH 值	十元硬幣	碎裂級數
7.3	6	1
6.2	3	1
5.1	7	1
4.2	3	1



### 【結果與討論】

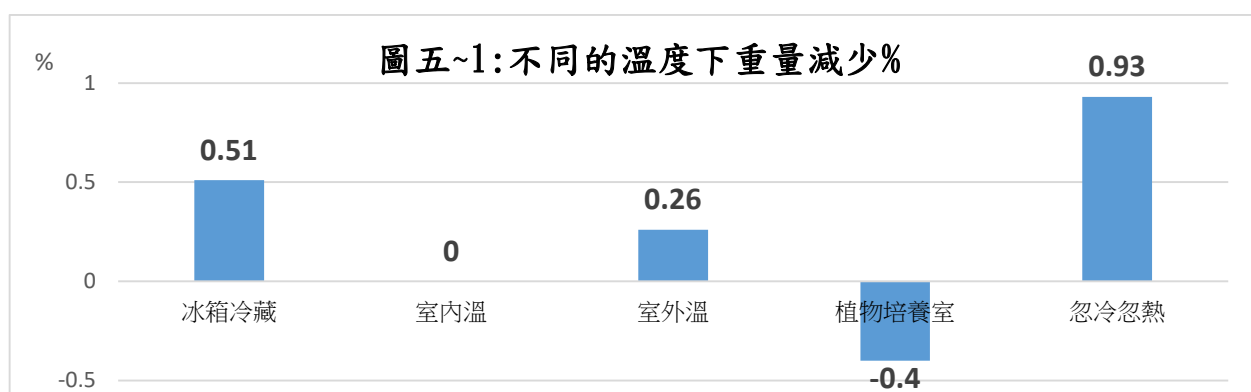
- (一)由(圖四~1)可知，pH值愈低，重量減輕的情況愈明顯。
- (二)由硬度變化表(表四~2)發現蛤蜊殼雖然重量減輕，但硬度變化卻沒規則，甚至模擬海浪撞擊實驗竟然都沒差異，針對此實驗結果應於日後再重複實驗以釐清真相。
- (三)在最酸的環境，硬幣的實驗中，蛤蜊殼有比較容易碎裂。

## 五、探討不同溫度的海水對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

以上酸鹼及二氧化碳的濃度都是以室溫為研究範圍，然而溫室效應帶來的不只是海水酸化及水中二氧化碳增加而已，海水溫度上升是否對蛤蜊殼有影響呢?結果如下:

表五~1: 不同溫度的海水對蛤蜊的殼重量減輕的影響

	實驗前(g)	實驗後(g)	重量減少量(g)	重量減少%
冰箱冷藏	3.9	3.88	0.02	0.51
室內溫	4.11	4.11	0	0
室外溫	3.88	3.87	0.01	0.26
植物培養室	4.95	4.97	-0.02	-0.40
忽冷忽熱	3.21	3.18	0.03	0.93



表五~1: 不同溫度的海水對蛤蜊的殼硬度降低的影響

	十元硬幣	碎裂級數
冰箱(低溫)	9	2
室內溫	9	1
室外溫	6	2
植物培養箱(34°C)	3	3
忽高忽低	8	1

### 【結果與討論】：

- (一) 在常溫海水中的蛤蜊殼重較不會受影響，而在忽冷忽熱、氣候寒冷、氣候炎熱等環境下的蛤蜊殼重皆或多或少會受影響，而令人意外的是我們實驗前認為一定會使蛤蜊殼重變輕的炎熱環境，竟有使殼重變重的趨勢(表五~1 及圖五~1)。
- (二) 在第一點中我們曾提到忽冷忽熱的環境或許就是使蛤蜊殼重變輕重要因素，為符合我們的假設，我們設計了室外溫(溫度忽高忽低)、忽冷忽熱(溫度劇烈忽冷

忽熱)兩組實驗組，而就上表資料來看，忽冷忽熱確實會影響蛤蜊的殼重，且愈是忽冷忽熱，蛤蜊殼重減少的愈是明顯。

(三)溫度忽高忽低硬度的減低情況最為明顯，冰箱和室內溫次之，植物培養箱第三，室外溫影響最小。

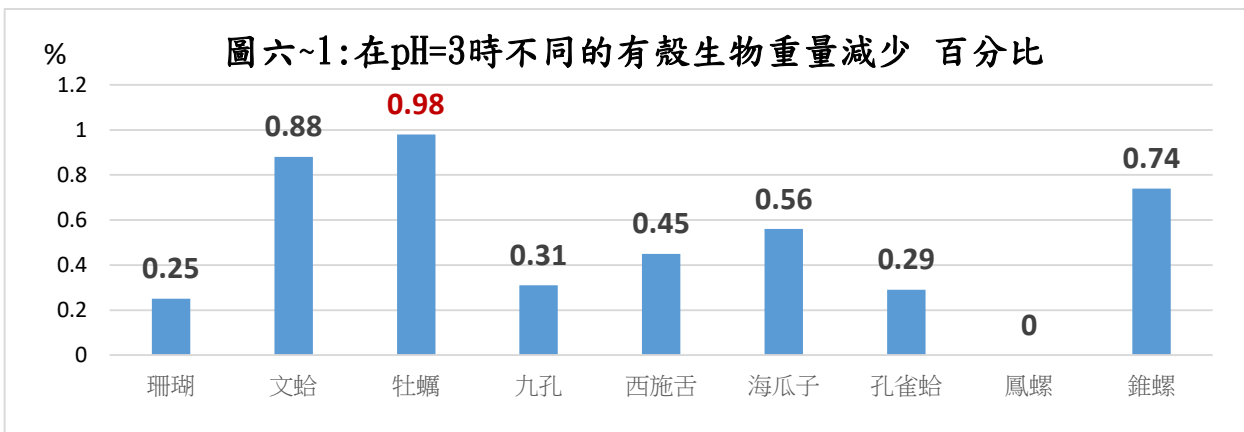
(四) 由這個實驗我們發現極端氣候(忽冷忽熱)對有殼生物的影響比溫室效應嚴重，就像冰凍過再解凍時土壤容易碎裂、植物容易死亡一樣，所以忽冷忽熱對海洋生物生存的影響問題值得注意。

## 六、探討不同種的有殼生物在酸化海水中殼重量和硬度的變化

我們知道水中有許多有殼生物，在之前的實驗發現蛤蜊殼在酸性中或二氧化碳濃度高時，殼減輕的重量是相當高的，其他生物殼是否也會受到影響呢?我們將在不同的酸鹼值中比較不同種的有殼生物殼的重量和硬度的變化情形:

表六~1:在pH=3時，9種有殼生物殼的重量變化情形 (單位:g)

pH=3	珊瑚	文蛤	牡蠣	九孔	西施舌	海瓜子	孔雀蛤	鳳螺	錐螺
實驗前	7.88	4.52	17.3	12.62	2.18	1.77	3.44	6.7	4.02
實驗後	7.86	4.48	17.13	12.58	2.17	1.76	3.43	6.7	3.99
重量差	0.02	0.04	0.17	0.04	0.01	0.01	0.01	0	0.03
重量減少百分比%	0.25	0.88	0.98	0.31	0.45	0.56	0.29	0	0.74

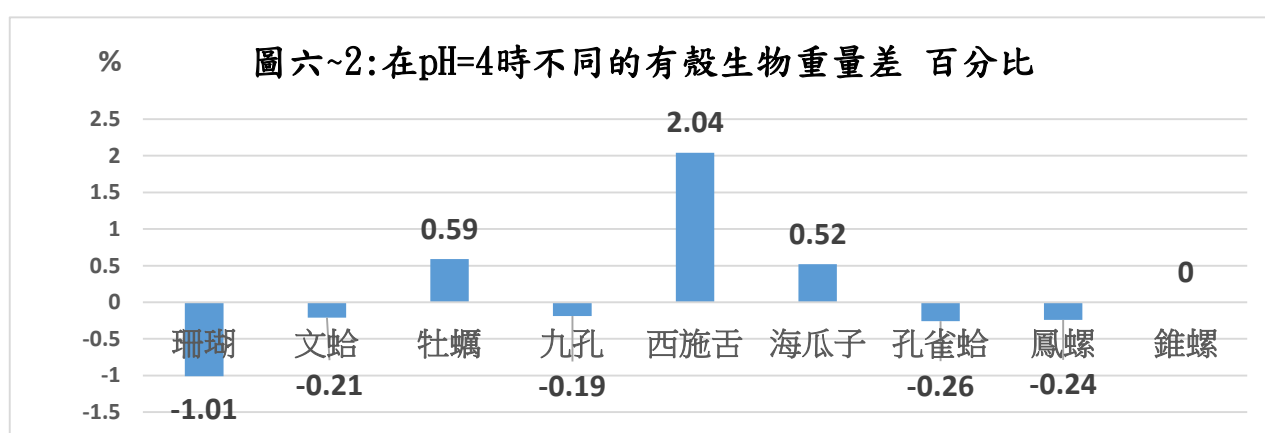


在 pH=3 時，這 9 種有殼生物的重量大都有明顯的減少，牡蠣、文蛤和錐螺減少最多，而鳳螺重量都沒減少，沒想到鳳螺的殼如此耐酸，將來海水酸化後，不知鳳螺是否將成為優勢物種。

表六~2: 在pH=4時，9種有殼生物殼的重量變化情形

(單位:g)

pH=4	珊瑚	文蛤	牡蠣	九孔	西施舌	海瓜子	孔雀蛤	鳳螺	錐螺
實驗前	6.90	4.83	10.24	10.54	1.96	1.94	3.74	8.32	3.92
實驗後	6.97	4.84	10.18	10.56	1.92	1.93	3.75	8.34	3.92
重量差	-0.07	-0.01	0.06	-0.02	0.04	0.01	-0.01	-0.02	0
重量減少百分比%	-1.01	-0.21	0.59	-0.19	2.04	0.52	-0.26	-0.24	0

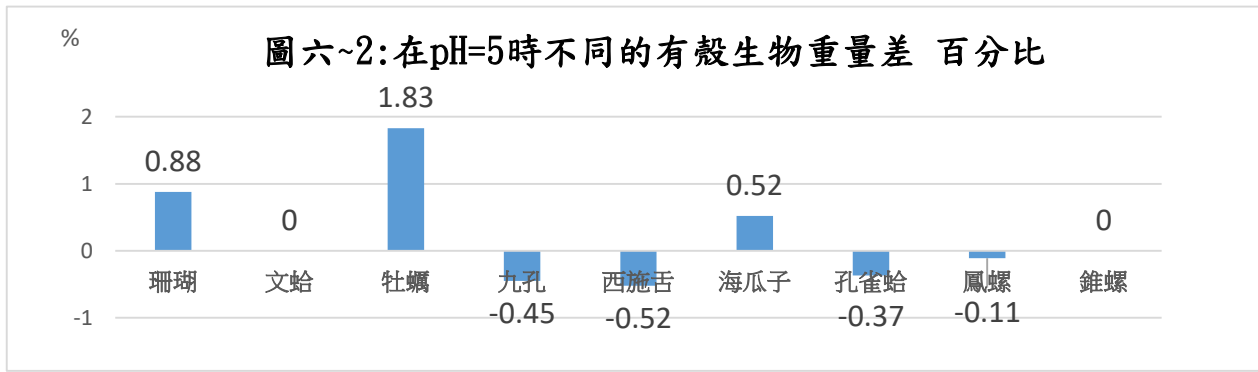


在 pH=4 時，西施舌重量減少最多，牡蠣和海瓜子也有減少。

表六~2: 在pH=5時，9種有殼生物殼的重量變化情形

(單位:g)

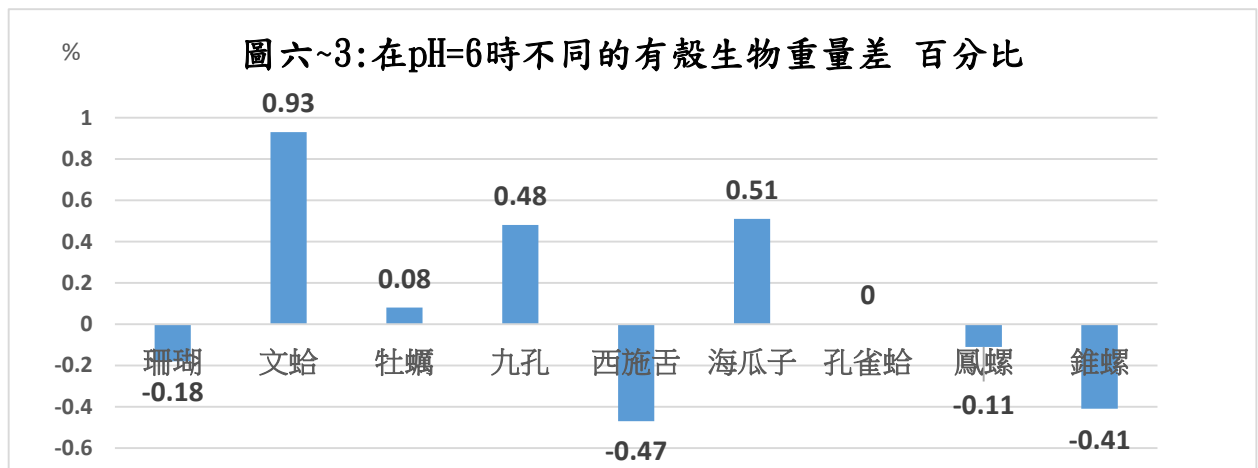
pH=5	珊瑚	文蛤	牡蠣	九孔	西施舌	海瓜子	孔雀蛤	鳳螺	錐螺
實驗前	6.83	4.81	13.67	13.39	1.7	1.92	2.72	8.73	3.62
實驗後	6.89	4.81	13.42	13.45	1.71	1.91	2.73	8.74	3.62
重量差	-0.06	0	0.25	-0.06	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	0
重量差百分比	0.88	0	1.83	-0.45	-0.52	0.52	-0.37	-0.11	0



在 pH=5 時，牡蠣重量減少最多，珊瑚和海瓜子也有減少。

表六~3: 在pH=6時，9種有殼生物殼的重量變化情形 (單位:g)

pH=6	珊瑚	文蛤	牡蠣	九孔	西施舌	海瓜子	孔雀蛤	鳳螺	錐螺
實驗前	5.65	5.35	12.33	10.45	2.11	1.96	3.31	8.52	4.85
實驗後	5.66	5.3	12.32	10.5	2.12	1.95	3.31	8.53	4.87
重量差	-0.01	0.05	0.01	-0.05	-0.01	0.01	0	-0.01	-0.02
重量差百分比	-0.18	0.93	0.08	0.48	-0.47	0.51	0	-0.11	-0.41

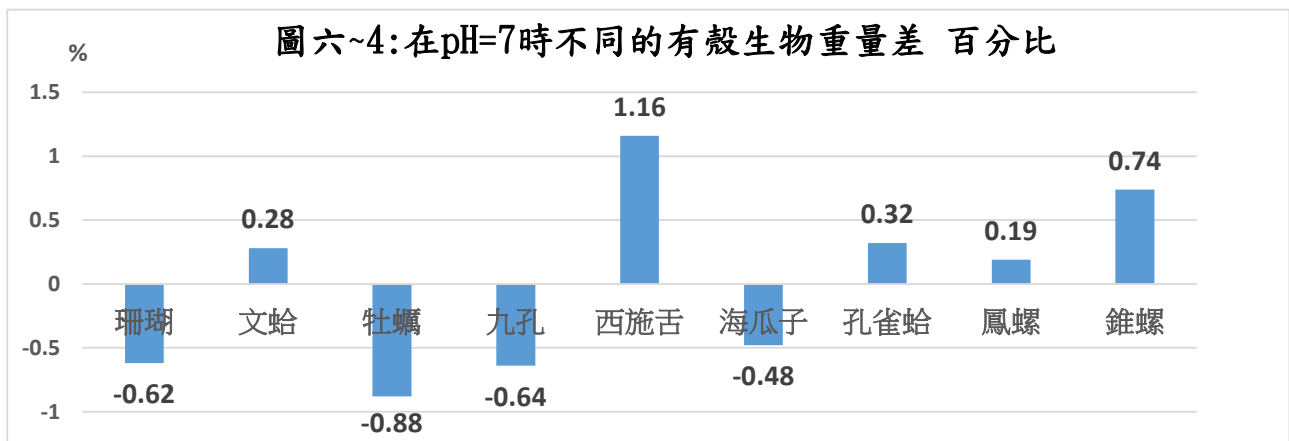


在 pH=6 時，文蛤重量減少最多，牡蠣、九孔和海瓜子也有減少。

表六~4:在pH=7時，9種有殼生物殼的重量變化情形

(單位:g)

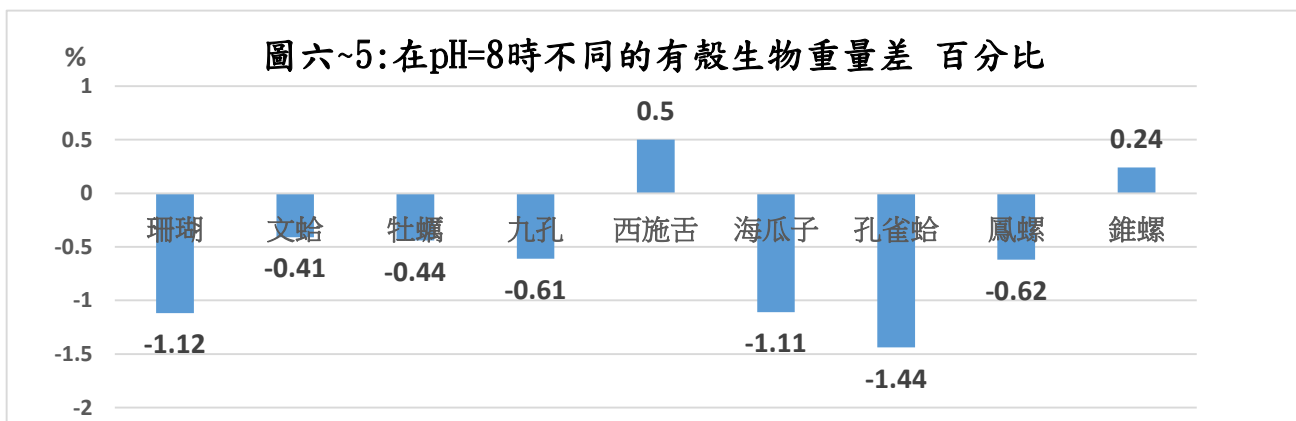
pH=7	珊瑚	文蛤	牡蠣	九孔	西施舌	海瓜子	孔雀蛤	鳳螺	錐螺
實驗前	9.72	3.54	11.3	12.42	2.58	2.05	3.11	5.24	4.04
實驗後	9.78	3.53	11.4	12.5	2.55	2.06	3.1	5.23	4.01
重量差	-0.06	0.01	-0.1	-0.08	0.03	-0.01	0.01	0.01	0.03
重量減少百分比%	-0.62	0.28	-0.88	-0.64	1.16	-0.48	0.32	0.19	0.74



在pH=7時，西施舌重量減少最多，文蛤、錐螺、孔雀蛤和鳳螺也有減少。

表六~5:在pH=8時，9種有殼生物殼的重量變化情形

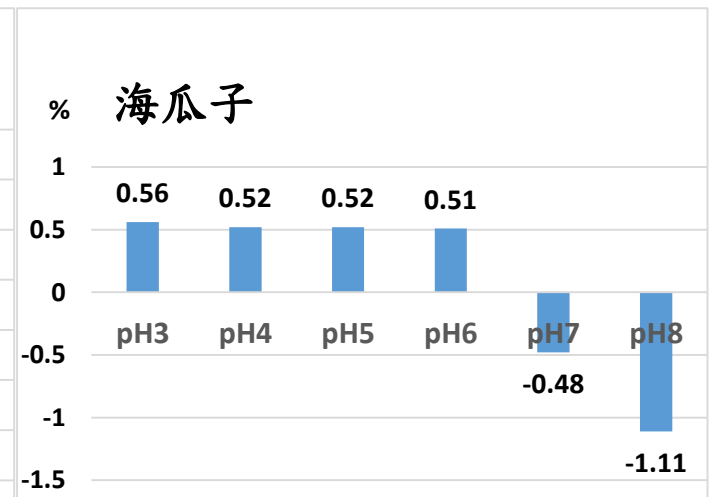
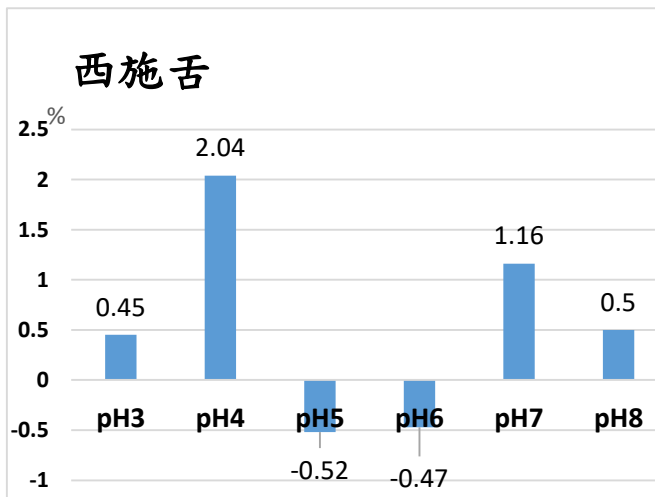
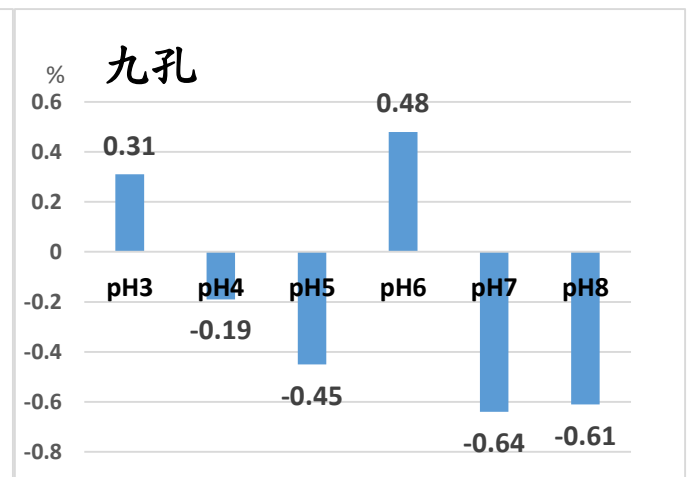
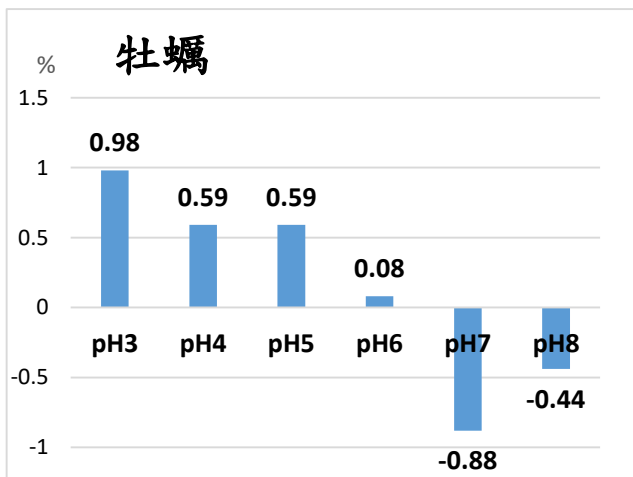
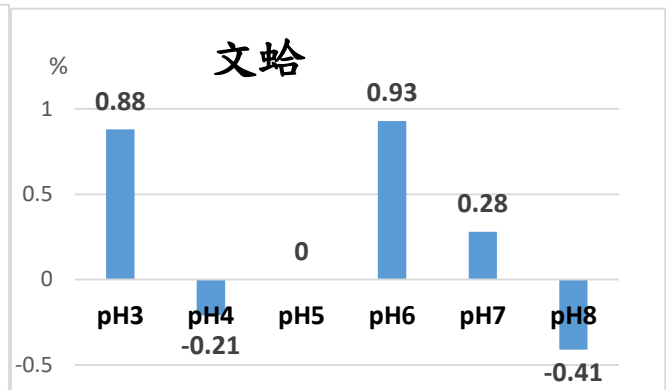
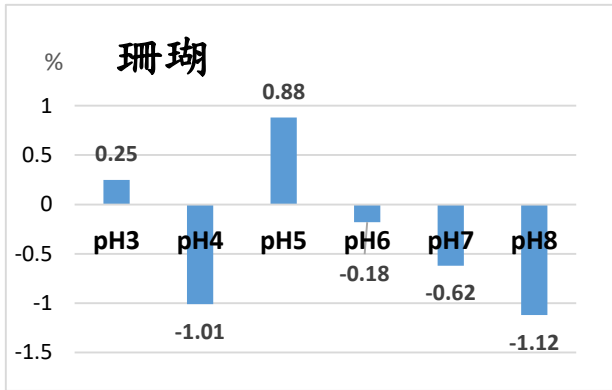
pH=8	珊瑚	文蛤	牡蠣	九孔	西施舌	海瓜子	孔雀蛤	鳳螺	錐螺
實驗前	7.12	4.84	11.3	11.57	1.99	1.79	3.45	6.41	4.04
實驗後	7.2	4.86	11.35	11.64	1.98	1.81	3.5	6.45	4.03
重量差	-0.08	-0.02	-0.05	-0.07	0.01	-0.02	-0.05	-0.04	0.01
重量差百分比	-1.12	-0.41	-0.44	-0.61	0.50	-1.11	-1.44	-0.62	0.24



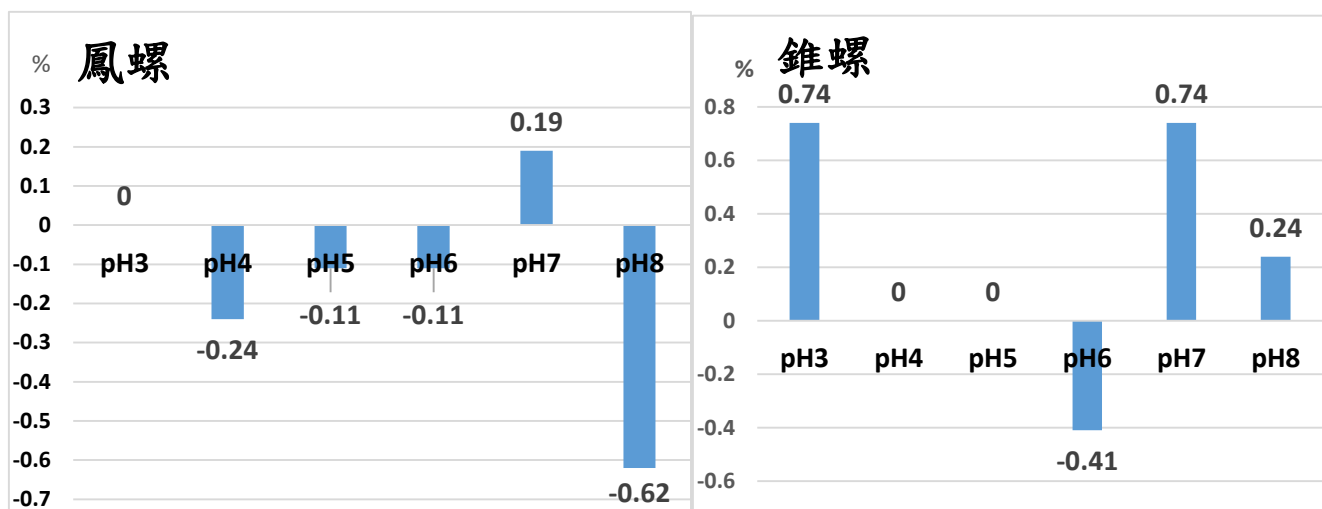
在pH=8時，有殼生物殼的重量有減少的只有西施舌和錐螺。

在每種pH值時，每種有殼生物殼減少的量因種類而異，但是可以發現牡蠣、西施舌和海瓜子是最容易減輕重量的物種，而錐螺、鳳螺和珊瑚最不容易減少重量。接下來我們想了解同一物種在不同的pH值溶液中，重量減輕的狀況：

表六~6:9種有殼生物殼的在不同的pH值時，重量變化情形







珊瑚在pH=5時，重量減輕最多；文蛤和九孔在pH=3和 pH=6時重量減輕最多；牡蠣和海瓜子在酸性環境中殼的重量都會減輕，而且越酸重量減得越多，西施舌較特別，在pH=3、pH=4和pH=7、pH=8時重量都有減輕，目前海水中的pH值是最不適合西施舌生長的；鳳螺只在pH=7中重量有減輕，除了鳳螺殼體堅硬外，因其螺旋型的殼，不易乾燥，因此秤重時容易產生誤差也是有可能的；錐螺和鳳螺同屬於堅硬有螺旋的殼，測量時易造成誤差，我們測量的結果，錐螺是在pH=3、pH=7和pH=8有重量減輕得現象。

接下來我們繼續用硬幣、砝碼及洗衣機來測量這些有殼生物在不同的 pH 中重量減輕的情形。

表六~7:9種有殼生物殼的在不同的pH值時，硬度變化情形1(紅色表示比對照組容易碎裂)

pH 值	10 元		20g		50g			100g	
	西施舌	海瓜子	文蛤	錐螺	珊瑚	九孔	孔雀蛤	牡蠣	鳳螺
3	7	3	4	6	1	2	3	2	7
4	2	3	4	16	2	1	4	14	7
5	5	3	3	8	4	4	1	3	?????
6	5	3	3	100	1	7	1	11	(20g 砝碼 x3) (50g 砝碼 x1)
7	4	3	1	34	4	3	1	4	12
8	4	2	1	32	3	13	1	7	3
對照組	2	2	1	106(2個 50g 砝碼)	2	2	2	4	22

錐螺、鳳螺、珊瑚、孔雀蛤在酸中硬度有明顯的減弱，容易因敲擊而碎裂，其他的有殼生物在這個撞擊實驗中並沒有比對照組耐撞擊。

表六~8:9種有殼生物殼的在不同的pH值時，硬度變化情形2(碎裂級數越高越容易碎)

紅色表示最容易碎裂的pH值

	珊瑚	文蛤	牡蠣	九孔	西施舌	海瓜子	孔雀蛤	鳳螺	錐螺
減輕重量最多的 pH 值	3、5	3、6	3、4、6	3、6	3、4、7、8	3、4、5、6	3、7	7	3、7、8
硬幣最少的 pH 值	3、4、6	7、8	3	3、4	4	8	5、6、7、8	3、4、5、6、7、8	3、4、5、6、7、8
碎裂最嚴重的 pH 值	3	5、8	4、5	無	3、4	3、5、6	5	無	7

在模擬海浪翻滾測試中，多數的有殼生物在酸中都比較容易碎裂，西施舌和海瓜子最明顯，九孔和鳳螺幾乎沒影響。

### 【結果與討論】：

1. 在重量減少測試中，牡蠣和海瓜子在越酸的環境中重量減輕越多(表六~6)。
2. 在重擊實驗中，錐螺、鳳螺、珊瑚、孔雀蛤在酸中硬度有明顯的減弱，容易因敲擊而碎裂(表六~7)。
3. 在模擬海浪翻滾衝擊實驗中，在酸中處理的西施舌和海瓜子有最明顯的碎裂現象(表六~8)
4. 九孔和文蛤在三種測試中發現他們在酸中的重量及硬度皆變化不大，不知是否含其生物特性有關，或許也因為他們如此耐酸耐撞，因次深受漁民喜愛，是台灣最常見的養殖有殼類。
5. 將這九種生物耐酸耐撞的結果整理如下表：

pH	珊瑚	文蛤	牡蠣	九孔	西施舌	海瓜子	孔雀蛤	鳳螺	錐螺
3	2	1	1	1	5	2	2	1	1
4	1	1	2	1	5	1	1	1	1
5	1	2	2	1	3	5	3	1	1
6	1	1	1	1	3	5	2	1	1
7	1	1	1	1	3	1	1	1	2
8	1	2	1	1	4	1	2	1	1

## 陸、結論

### 一、探討小琉球海水溫度的變化情形

(一)96-98 年的海溫，起伏不大，較為穩定，約在 20°C~30°C 之間，自 99 年起，海溫逐漸趨於不穩定，忽高忽低，溫差較大，因此，我們推測改變有殼生物殼的質量的因素可能不只是高溫，還可能是不穩定的海溫。

### 二、探討水中不同的汙染物對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

(一)我們發現鹽酸和尿素對蛤蜊殼影響最大，鹽酸甚至第一周就把殼腐蝕光了，洗碗精和維他命C 對殼的影響次之，其他則短期看不出影響。

(二)有殼生物的殼的主要成分是碳酸鈣，會和酸反應產生二氧化碳，所以水質變酸對有碳酸鈣殼的生物會影響很大，而且我們的家庭廢水是持續在產生，破壞也會持續發生。

(三)長期排放工業廢水和家用廢水等汙染物到海洋中會對海洋生物造成莫大的威脅，使其殼重減輕，硬度減低，因此如果要將廢水排入海中要先過濾，才比較不會污染海洋。

### 三、探討水中不同CO<sub>2</sub>含量對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

(一)人類排放的CO<sub>2</sub>溶入海中也會影響有殼生物的殼重及硬度，所以我們應該要減少排放CO<sub>2</sub>。

(二)含CO<sub>2</sub>越多的海水，大部份會使蛤蜊殼重量減輕的百分比越多。

(三)含CO<sub>2</sub>越多的海水，使蛤蜊殼硬度減低的越多，殼較脆弱，遇到海浪撞擊容易破碎，所以海中CO<sub>2</sub>越多，對這些有殼生物的生存機率可能會下降許多。

### 四、探討不同pH值的海水對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

(一) 在pH值愈低的海水中，有殼生物的殼重量減輕的情況愈明顯。

(二) 在最酸的環境和硬幣撞擊的實驗中，蛤蜊殼有比較容易碎裂。

### 五、探討不同溫度的海水對蛤蜊的殼重量和硬度的影響

(一)忽冷忽熱確實會影響蛤蜊的殼重，且愈是忽冷忽熱，蛤蜊殼重減少的愈是明顯。

(二)溫度忽高忽低硬度的減低情況最為明顯，冰箱和室內溫次之，植物培養箱第三，室外溫影響最小。

(三)由這個實驗我們發現極端氣候(忽冷忽熱)對有殼生物的影響比溫室效應嚴重，就像冰凍過再解凍時土壤容易碎裂、植物容易死亡一樣，所以忽冷忽熱對海洋生物生存的影響問題值得注意。

## 六、探討不同種的有殼生物在酸化海水中殼重量和硬度的變化

(一)在重量減少測試中，牡蠣和海瓜子在越酸的環境中重量減輕越多。

(二)在重擊實驗中，錐螺、鳳螺、珊瑚、孔雀蛤在酸中硬度有明顯的減弱，容易因敲擊而碎裂。

(三)在模擬海浪翻滾衝擊實驗中，在酸中處理的西施舌和海瓜子有最明顯的碎裂現象

(四)九孔和文蛤在三種測試中發現他們在酸中的重量及硬度皆變化不大，不知是否含其生物特性有關，或許也因為牠們如此耐酸耐撞，因此深受漁民喜愛，是台灣最常見的養殖有殼類。

(五)由實驗得知，海洋酸化對各種生物的影響不同，有些減輕殼重，有些減低硬度、有些則減弱海浪翻滾的重擊力，總而言之就是對海中有殼生物的生長和生存有很大的影響，身為人類的我們應該要正視這問題。

## 柒、參考資料

- (一) 溫室效應：[https://www.cwb.gov.tw/V8/C/K/Qa/ga\\_1\\_3.html](https://www.cwb.gov.tw/V8/C/K/Qa/ga_1_3.html)
- (二) 維基百科：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B5%B7%E6%B4%8B%E9%85%B8%E5%8C%96>
- (三) 南一版7下生物課本p.140 發燒的地球之失控的溫度
- (四) 南一版7下生物課本 p.168 人類對環境的衝突之水汙染
- (五) 中央氣象局：<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/>
- (六) 二氧化碳濃度和溫度變化圖：<https://img.yamol.tw/file/5c738830c758f.jpg>
- (七) 中華民國第53屆中小學科展中小學科展 你丟我撿，物盡其用：  
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=10288>