

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 地球科學科

030514

「殼」以不要「酸」我嗎？不同 pH 值酸化海水
與有殼動物外殼交互影響之研究

學校名稱：臺中市立新光國民中學

作者： 國二 邱信慈 國二 江曼琦 國二 黃婉瑜	指導老師： 李志堅 呂榮峰
---	-----------------------------

關鍵詞：酸化海水、有殼動物、排煙脫硫

摘要

本研究探討在不同 pH 值酸化海水中，有殼動物外殼重量下降的情形；進一步研究不同種類的酸和溫度對外殼之影響；最後，針對外殼和酸化海水的交互影響作更深入的研究。實驗發現酸化海水 pH 值越低，對不同外殼影響亦有差異，其中以幾丁質成分為主的螃蟹(重量減少約 2~4 成)及蝦子(4~6 成)較為嚴重。硫酸與鹽酸的酸化海水溶蝕外殼的速率差異並不明顯；高溫酸化海水(33°C)導致外殼溶解量增加，蝦子重量差異可達 25%。在 pH 值 4.0 酸化海水下，螃蟹對酸化海水回升有最大的貢獻，在 0~23 天內能使 pH 值維持在 6.0 左右，其他三種外殼(珊瑚、文蛤、蝦子)在第四天後，pH 值即降至 6.0 以下。最後，我們綜合評估四種外殼對海水 pH 值回升影響的大小為：螃蟹 > 蝦子 > 文蛤 > 珊瑚。

壹、研究動機

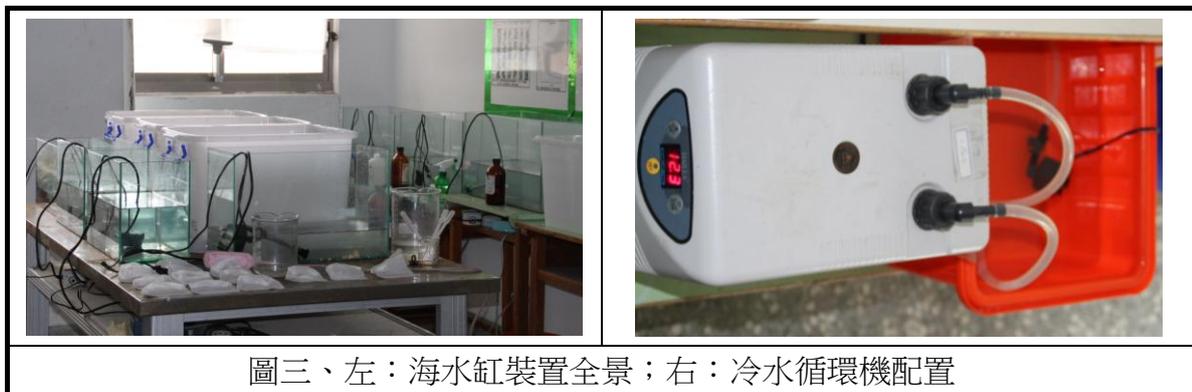
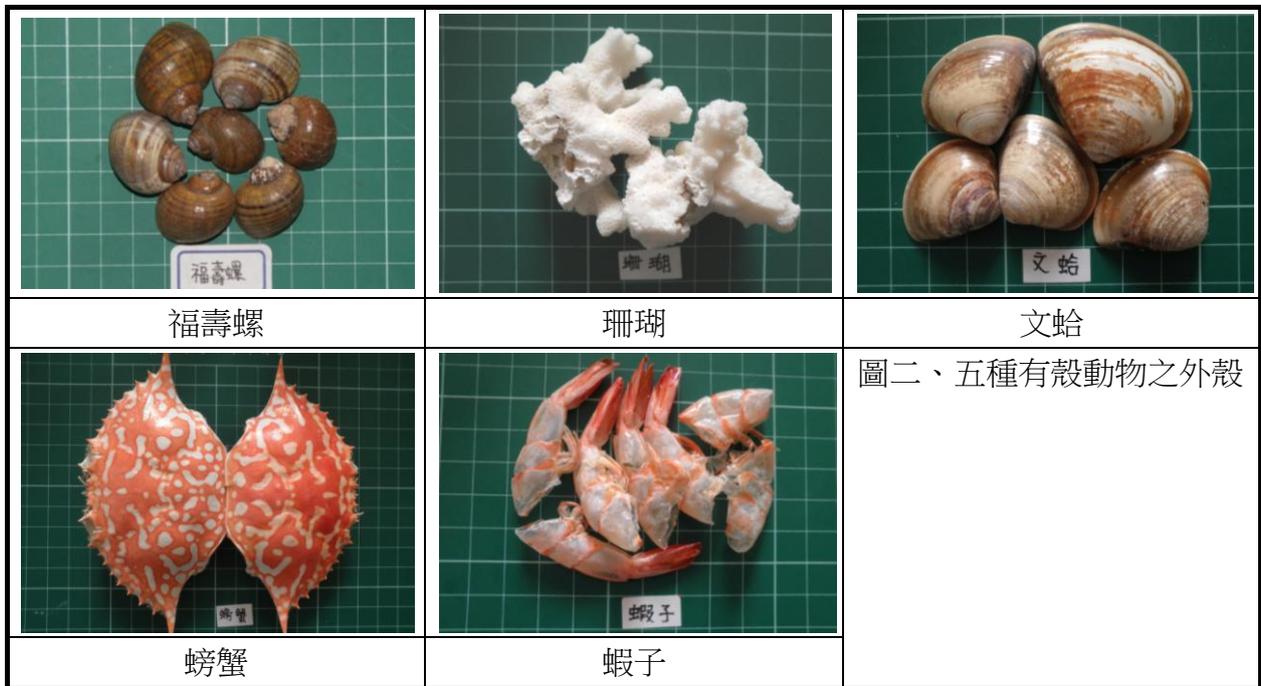
近年來，有關台塑麥寮工廠的新聞在電視上炒得沸沸揚揚，附近居民為其所造成之環境汙染表達了抗議，而當地漁民亦是不斷抱怨，認為六輕排放廢氣和廢水，不僅導致雲嘉地區近年來漁獲年年遞減，沿海飼養的蚵串死亡率更是逐漸升高。我們不禁對此產生疑惑，於是決定針對此議題做更進一步的探討。

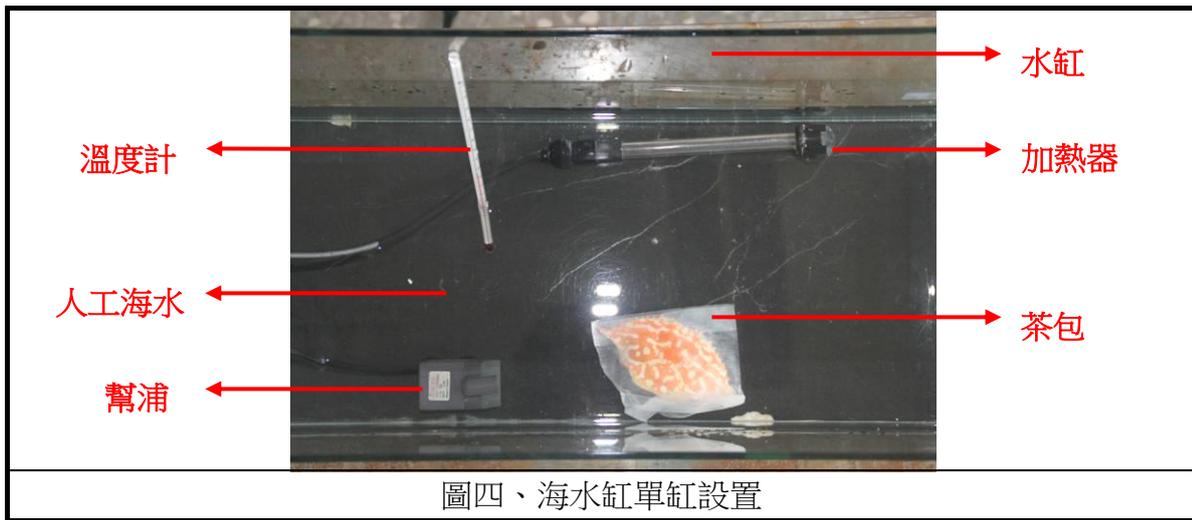
貳、研究目的

查閱文獻得知，「台灣台中、麥寮電廠二氧化碳排放量名列世界十大」(文獻七)；記者報導「台塑麥寮電廠排煙脫硫後的硫酸鎂廢水並未透過正常程序處理，造成 pH 值只有 4~6 的酸性廢水直接排入海水中」(文獻八)；進一步搜尋學術性文獻，雲科大環衛所調查，「六輕工業區所測之海域溫度較鄰近其他海域高；濁水溪出海口及工業區附近海域 pH 值都較其他海域低」(文獻十)；「養殖業者反應曾經發現養殖池表面覆蓋滿滿的落塵，造成文蛤死亡；蚵苗的附著率明顯降低」(文獻十一)；據此，我們推測 pH 值的降低應與電廠將燃煤的廢氣灌入海中，利用海水排煙脫硫有關；「利用海水的鹼度中和煙氣中的 SO_2 」(文獻一)；「排煙脫硫後產生的原廢水 pH 值皆小於 2.0」(文獻十二)；「在未來的 50 年到 100 年期間，某些海洋生物的外骨骼可能會開始自我分解，且再也無法成形。」(文獻三、四、六)；「海洋酸化，珊瑚礁可能在 2050 年消失 98%」(文獻五)。這不禁讓我們擔憂，台塑麥寮電廠附近沿海海域的珊瑚、貝類或甲殼類動物，在高溫且酸化的海水侵蝕與威脅下，會受到何種衝擊？本實驗延續第四十九屆中小學科展《有殼動物之辛「酸」》(文獻十三)，希望透過實驗更深入瞭解，不同 pH 值的酸化海水與有殼動物外殼間的交互影響為何？綜合上述，我們擬定下列幾項研究目的：

- 一、 比較不同 pH 值酸化海水對有殼動物外殼的影響
- 二、 評估不同種類的酸化海水對有殼動物外殼的影響
- 三、 探討不同溫度的酸化海水對有殼動物外殼的影響
- 四、 探討有殼動物外殼與酸化海水的交互作用

參、研究設備和器材





圖四、海水缸單缸設置

肆、研究方法、結果及討論

一、比較不同 pH 值酸化海水對有殼動物外殼的影響

(一) 步驟

1. 實驗組

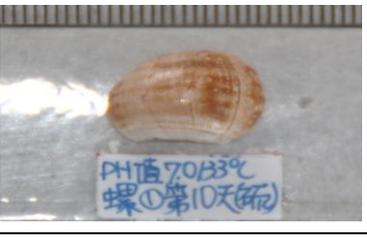
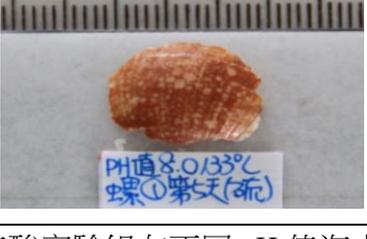
- (1) 依照「海鹽：水=3：97」之比例，調配出二十公升之人工海水五缸，利用鹽酸、氫氧化鈉將其 pH 值分別調為 4.0、5.0、6.0、7.0 及 8.0，並使用加熱器將水維持在 33°C。
- (2) 任取 0.1 克之同種殼各 15 個，分別放入茶包，每 3 個置入一實驗組之水缸中。
- (3) 每天中午將實驗組 15 個殼取出，記錄海水 PH 值變化、水溫及比重，烘乾後再測量殼之重量，並拍照。
- (4) 將海水分別調回 PH 值 4.0、5.0、6.0、7.0 及 8.0，再將殼置回。

2. 對照組

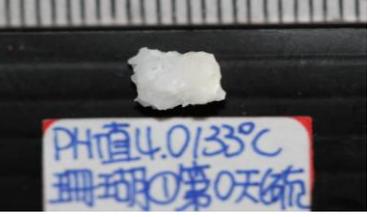
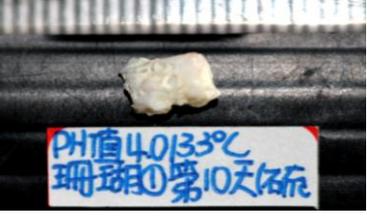
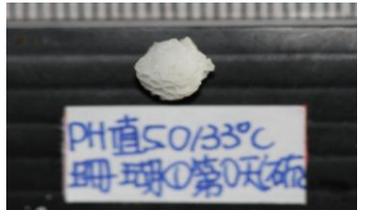
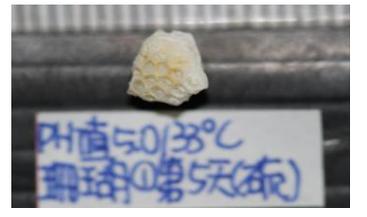
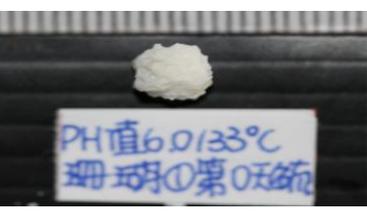
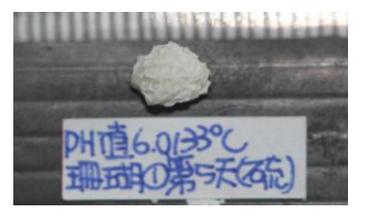
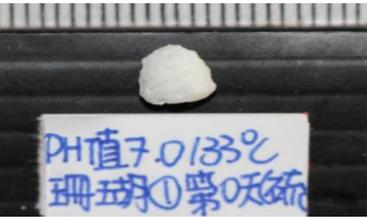
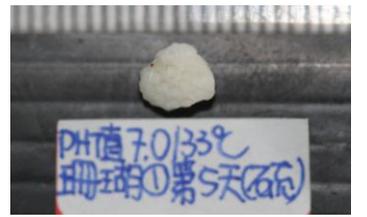
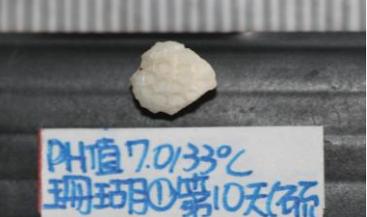
- (1) 調配出二十公升之人工海水五缸，利用鹽酸、氫氧化鈉將其 PH 值分別調為 4.0、5.0、6.0、7.0 及 8.0，並使用加熱器將水維持在 33°C。
- (2) 不放入任何殼，每天中午測量其 PH 值變化、溫度及比重。

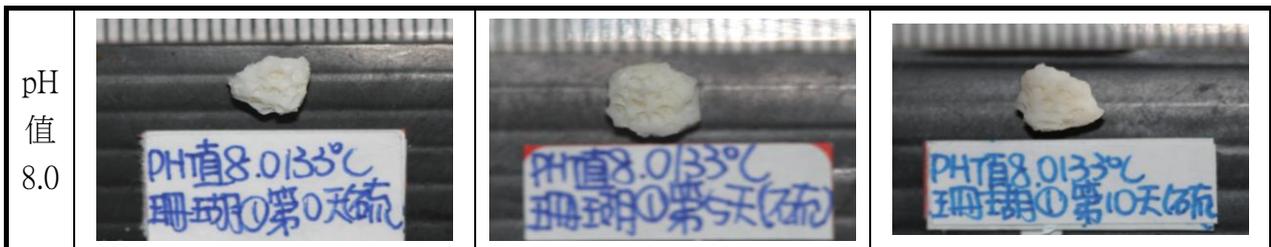
(二) 結果

	第零天	第五天	第十天
pH 值 4.0			
pH 值 5.0			

pH 值 6.0	 PH值 6.0/33℃ 螺①第0天(硫)	 PH值 6.0/33℃ 螺①第5天(硫)	 PH值 6.0/33℃ 螺①第10天(硫)
pH 值 7.0	 PH值 7.0/33℃ 螺①第0天(硫)	 PH值 7.0/33℃ 螺①第5天(硫)	 PH值 7.0/33℃ 螺①第10天(硫)
pH 值 8.0	 PH值 8.0/33℃ 螺①第0天(硫)	 PH值 8.0/33℃ 螺①第5天(硫)	 PH值 8.0/33℃ 螺①第10天(硫)

圖五、福壽螺硫酸實驗組在不同 pH 值海水下的變化

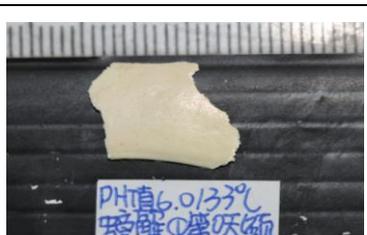
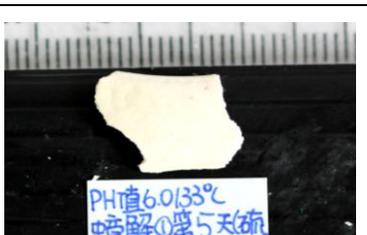
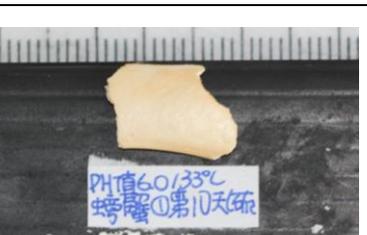
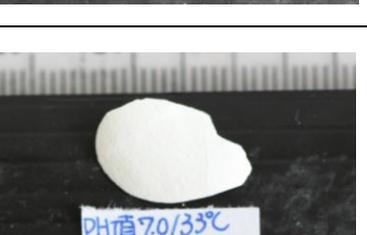
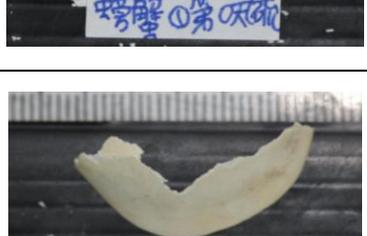
	第零天	第五天	第十天
pH 值 4.0	 PH值 4.0/33℃ 珊瑚①第0天(硫)	 PH值 4.0/33℃ 珊瑚①第5天(硫)	 PH值 4.0/33℃ 珊瑚①第10天(硫)
pH 值 5.0	 PH值 5.0/33℃ 珊瑚①第0天(硫)	 PH值 5.0/33℃ 珊瑚①第5天(硫)	 PH值 5.0/33℃ 珊瑚①第10天(硫)
pH 值 6.0	 PH值 6.0/33℃ 珊瑚①第0天(硫)	 PH值 6.0/33℃ 珊瑚①第5天(硫)	 PH值 6.0/33℃ 珊瑚①第10天(硫)
pH 值 7.0	 PH值 7.0/33℃ 珊瑚①第0天(硫)	 PH值 7.0/33℃ 珊瑚①第5天(硫)	 PH值 7.0/33℃ 珊瑚①第10天(硫)



圖六、珊瑚硫酸實驗組在不同 pH 值海水下的變化

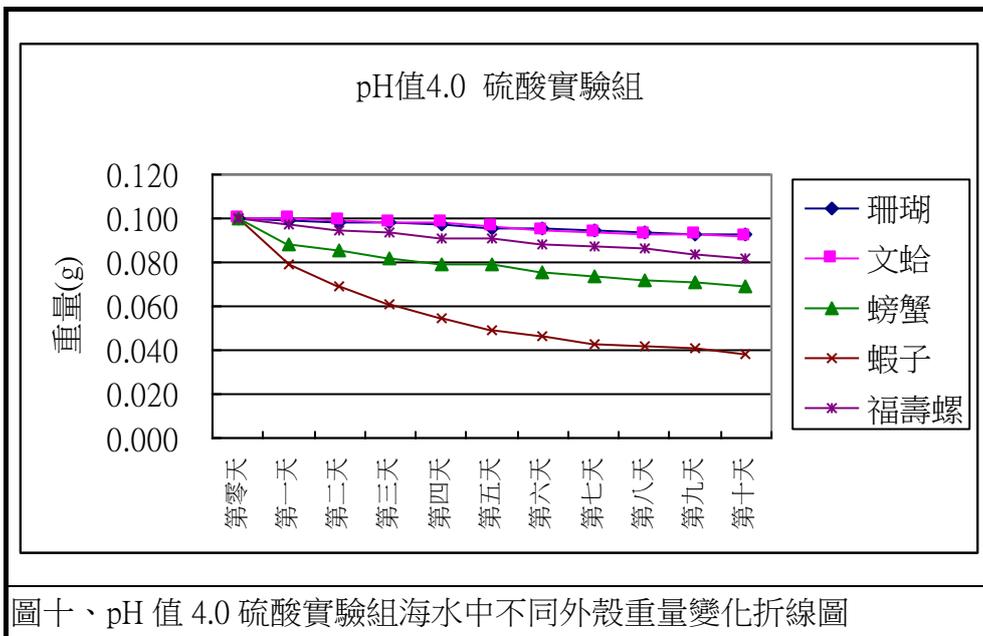
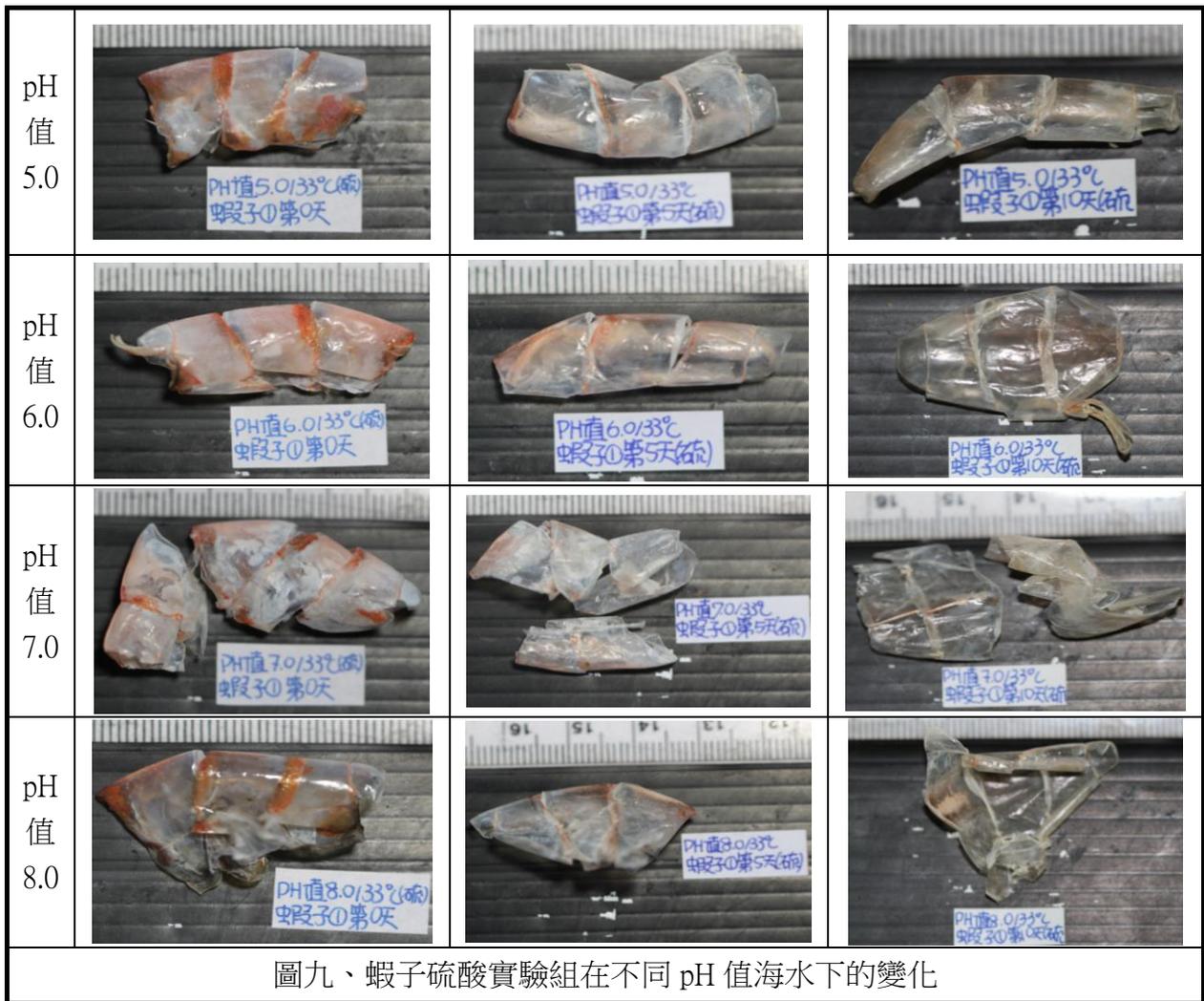


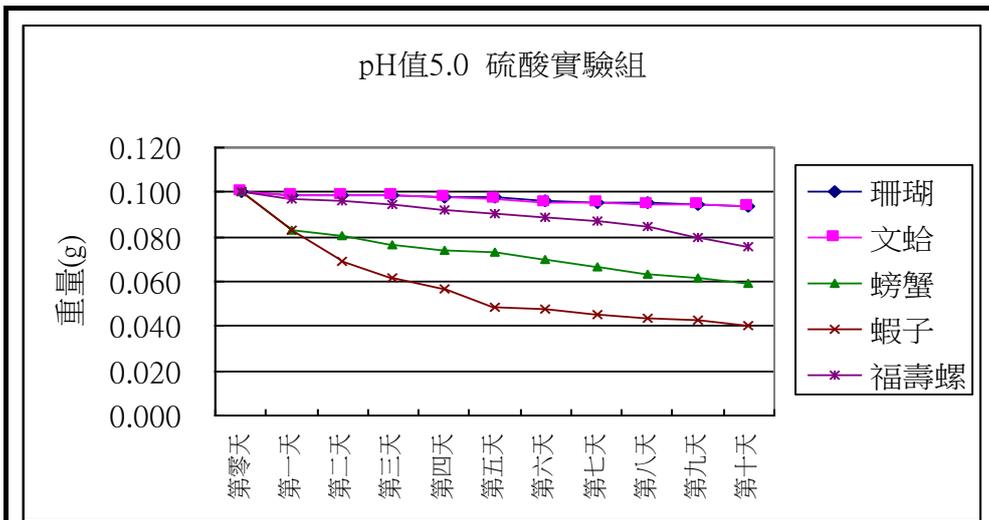
圖七、文蛤硫酸實驗組在不同 pH 值海水下的變化

	第零天	第五天	第十天
pH 值 4.0	 PH值4.0/33℃ 螃蟹①第0天疏	 PH值4.0/33℃ 螃蟹①第5天疏	 PH值4.0/33℃ 螃蟹①第10天疏
pH 值 5.0	 PH值5.0/33℃ 螃蟹①第0天疏	 PH值5.0/33℃ 螃蟹①第5天疏	 PH值5.0/33℃ 螃蟹①第10天疏
pH 值 6.0	 PH值6.0/33℃ 螃蟹①第0天疏	 PH值6.0/33℃ 螃蟹①第5天疏	 PH值6.0/33℃ 螃蟹①第10天疏
pH 值 7.0	 PH值7.0/33℃ 螃蟹①第0天疏	 PH值7.0/33℃ 螃蟹①第5天疏	 PH值7.0/33℃ 螃蟹①第10天疏
pH 值 8.0	 PH值8.0/33℃ 螃蟹①第0天疏	 PH值8.0/33℃ 螃蟹①第5天疏	 PH值8.0/33℃ 螃蟹①第10天疏

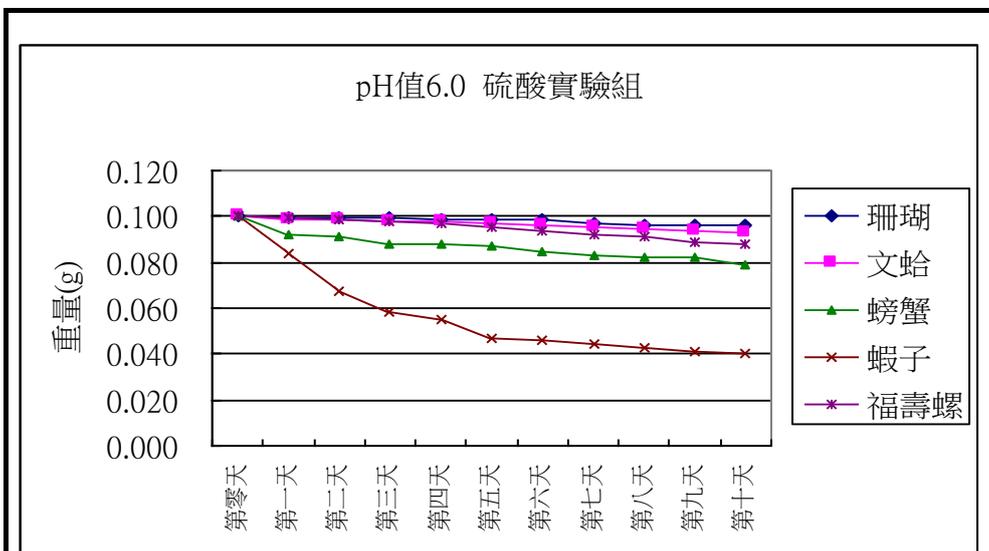
圖八、螃蟹硫酸實驗組在不同 pH 值海水下的變化

	第零天	第五天	第十天
pH 值 4.0	 PH值4.0/33℃ 蟹子①第0天	 PH值4.0/33℃ 蟹子①第5天疏	 PH值4.0/33℃ 蟹子①第10天疏

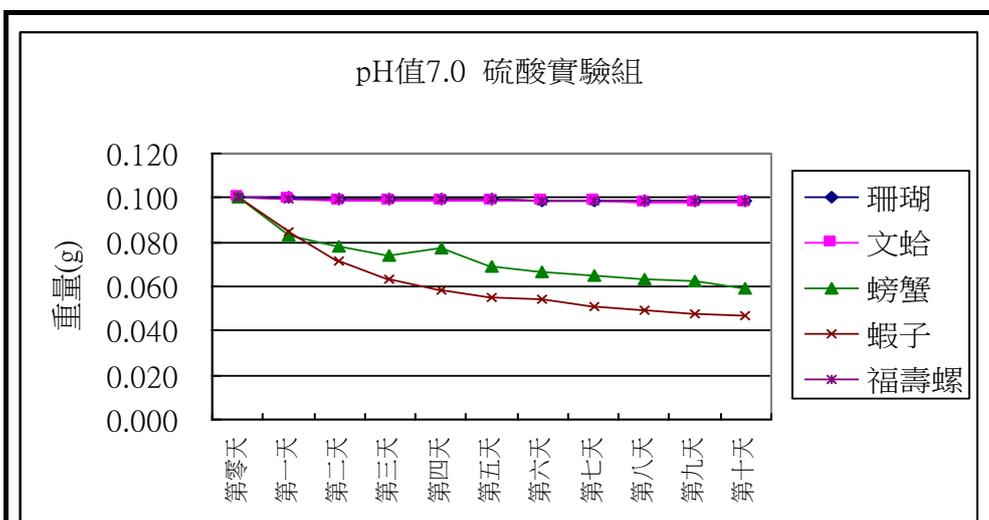




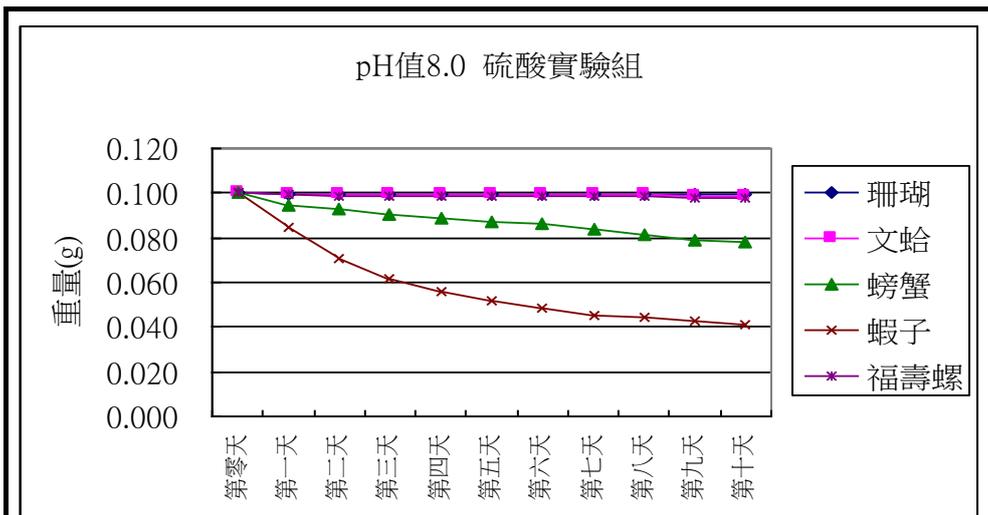
圖十一、pH 值 5.0 硫酸實驗組海水中不同外殼重量變化折線圖



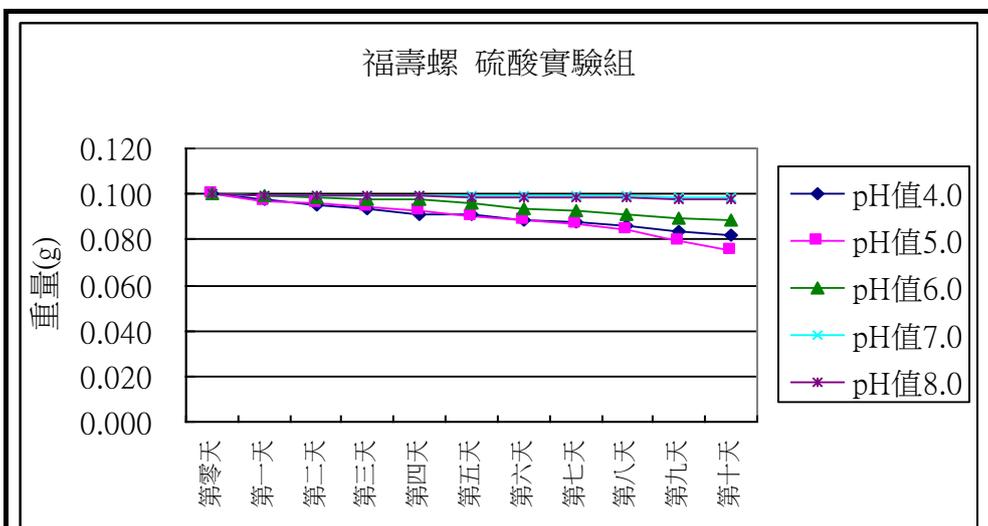
圖十二、pH 值 6.0 硫酸實驗組海水中不同外殼重量變化折線圖



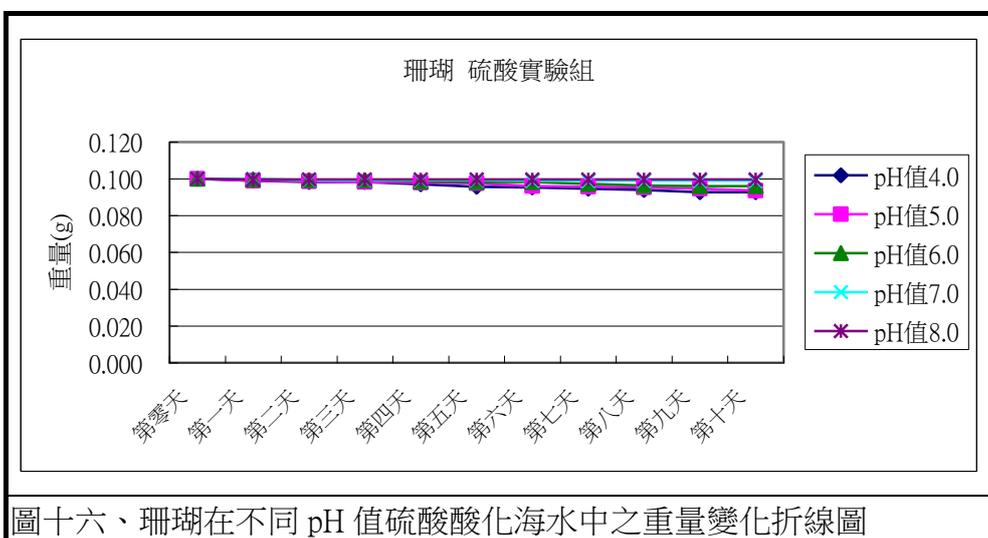
圖十三、pH 值 7.0 硫酸實驗組海水中不同外殼重量變化折線圖



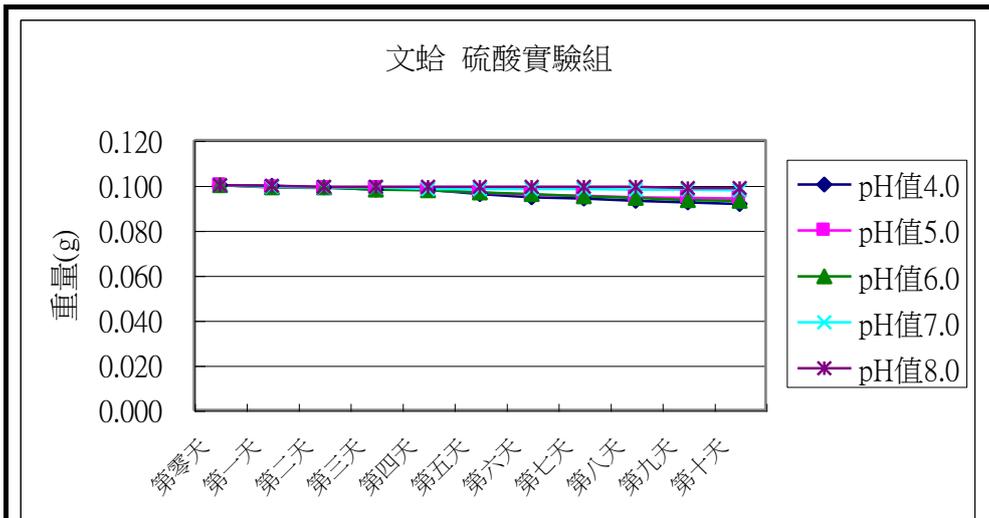
圖十四、pH 值 8.0 硫酸實驗組海水中不同外殼重量變化折線圖



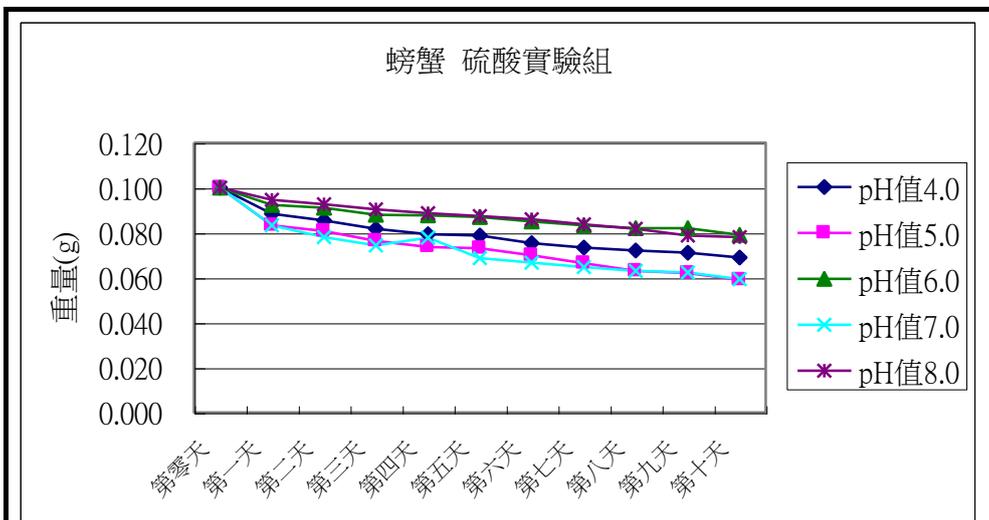
圖十五、福壽螺在不同 pH 值硫酸酸化海水中之重量變化折線圖



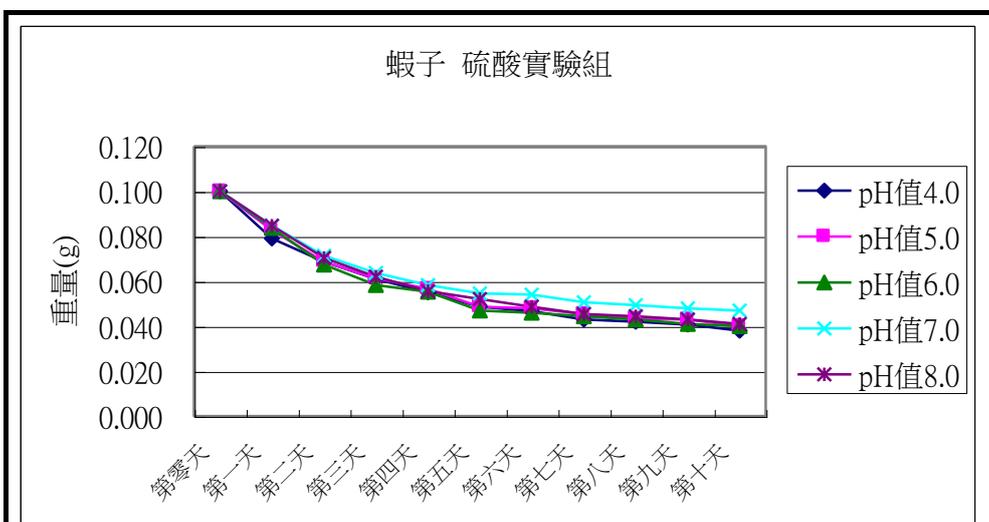
圖十六、珊瑚在不同 pH 值硫酸酸化海水中之重量變化折線圖



圖十七、文蛤在不同 pH 值硫酸酸化海水中之重量變化折線圖



圖十八、螃蟹在不同 pH 值硫酸酸化海水中之重量變化折線圖



圖十九、蝦子在不同 pH 值硫酸酸化海水中之重量變化折線圖

(三) 討論

- 1.由圖五至圖九實驗結果的圖片顯示，酸化海水的 pH 值愈低，大致上對殼的溶蝕就愈嚴重。文蛤在十天後，外殼上的顏色明顯剝落、淡化；螃蟹(圖八)其表面的顏色褪至稍微泛黃，且變得柔軟易碎；蝦子則不論在何種 pH 值海水下，第十天時其外殼皆明顯褪色、軟化成半透明薄膜狀(圖九)。
- 2.由圖十至圖十四顯示，除蝦子外，其餘隨酸化海水 pH 值的降低，其重量減少大致亦愈多。其中成分主要為碳酸鈣的珊瑚及文蛤(圖十六、十七)推測可能因結構較為紮實，硬度較高，故重量下降相對較少(7~8%)；福壽螺殼較薄、硬度較低，重量減少可達 20%以上(圖十五)。
- 3.成分含幾丁質約三成的甲殼類外殼(螃蟹、蝦子)，在對照組海水中(pH=8.0)即會溶解。螃蟹隨 pH 值降低，可溶約 20%~40%(圖十八)；蝦子的溶解似乎與 pH 值無關，無論 pH 值為何，其重量皆減少約 6 成(圖十九)，為五種殼之最，詳細原因頗值得進一步探究。
- 4.綜合上述，我們認為硫酸酸化海水的 pH 值越低，大致上對有殼動物外殼的影響就越嚴重，其溶解速率推測應與殼的成分、結構、硬度等有關。

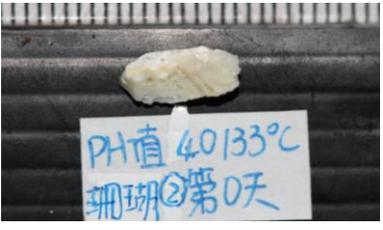
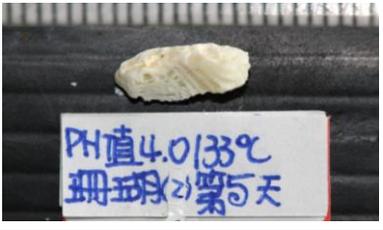
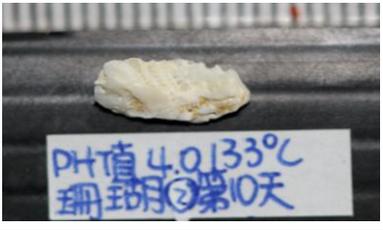
二、 評估不同種類的酸化海水對有殼動物外殼的影響

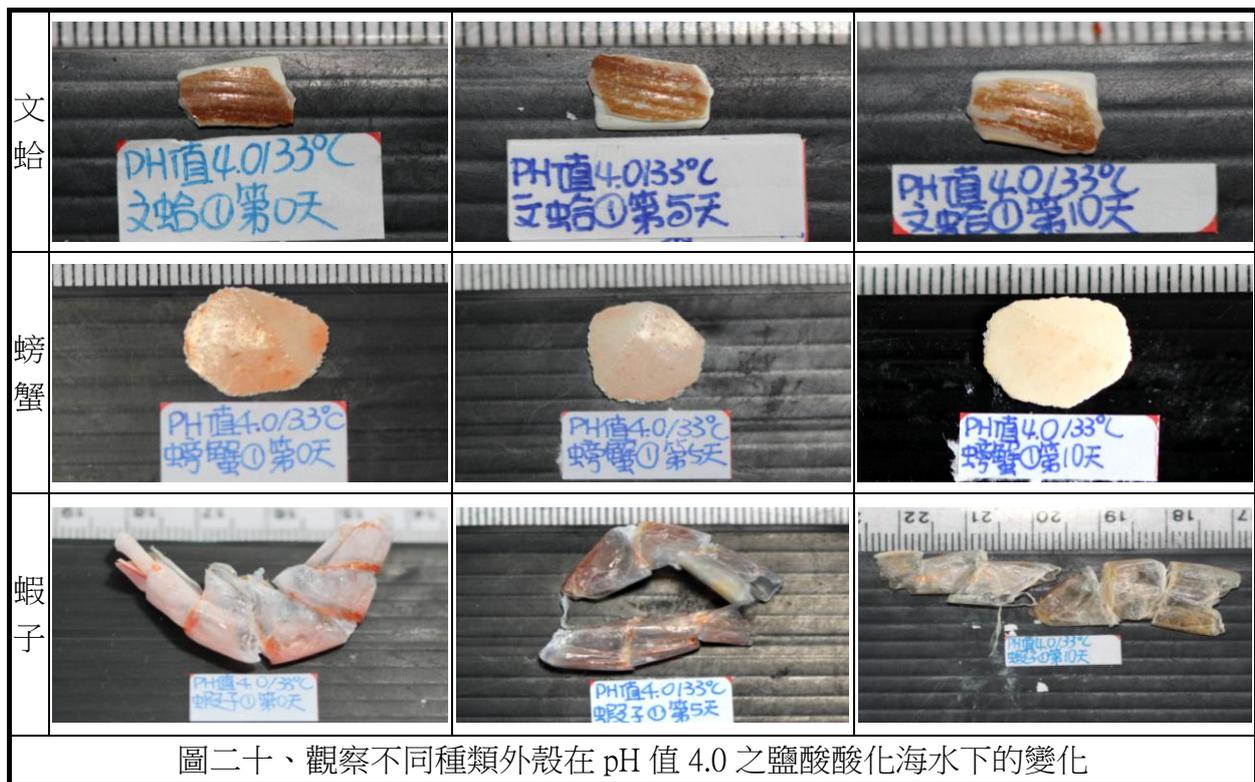
電廠排煙脫硫產生的酸化海水主要以硫酸為主，其他種類的酸對殼的影響是否有所不同？我們以鹽酸進一步測試其是否有差異。

(一) 步驟

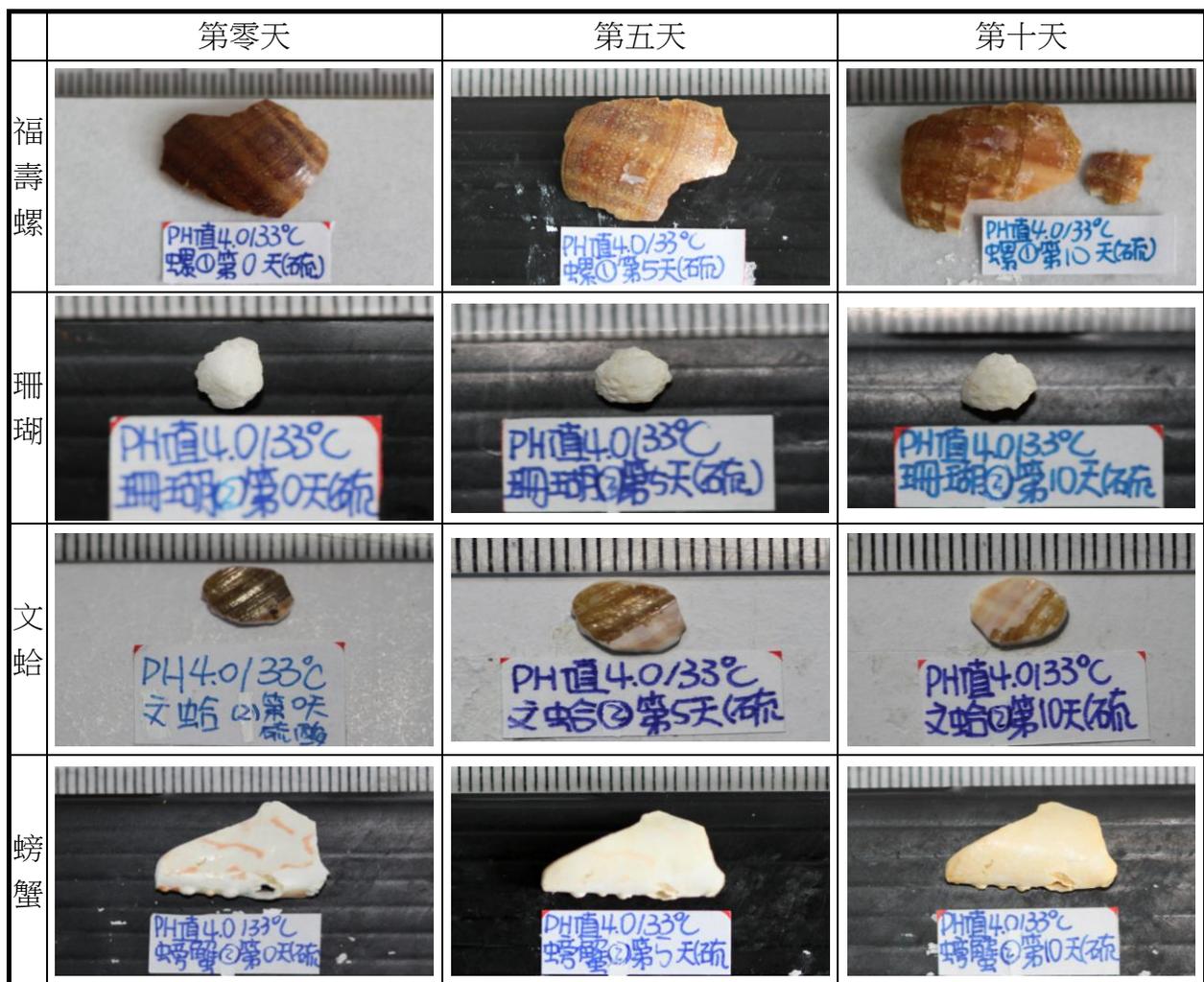
- 1.任取同種殼 0.1 克各 15 個，作拍照及重量記錄後，分別放入茶包，3 個為單位，一一置入以鹽酸及硫酸調成之 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0 實驗組各五缸中。
- 2.每天中午將所有殼取出，紀錄海水 pH 值變化、水溫及比重，烘乾後再測量殼之重量，並拍照。
- 3.將海水分別調回 pH 值 4.0、5.0、6.0、7.0 及 8.0，再將殼置回。

(二) 結果

	第零天	第五天	第十天
福壽螺			
珊瑚			



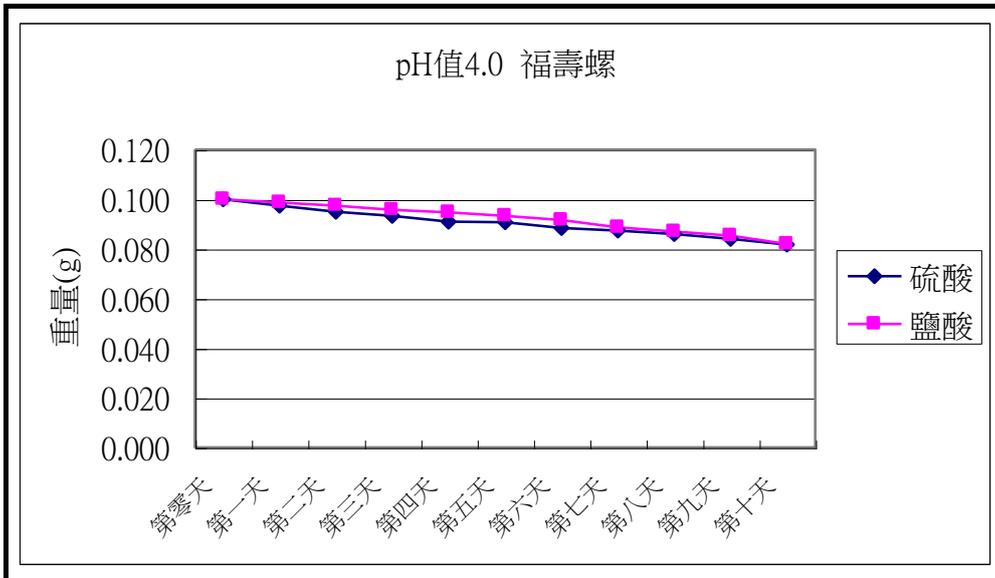
圖二十、觀察不同種類外殼在 pH 值 4.0 之鹽酸酸化海水下的變化



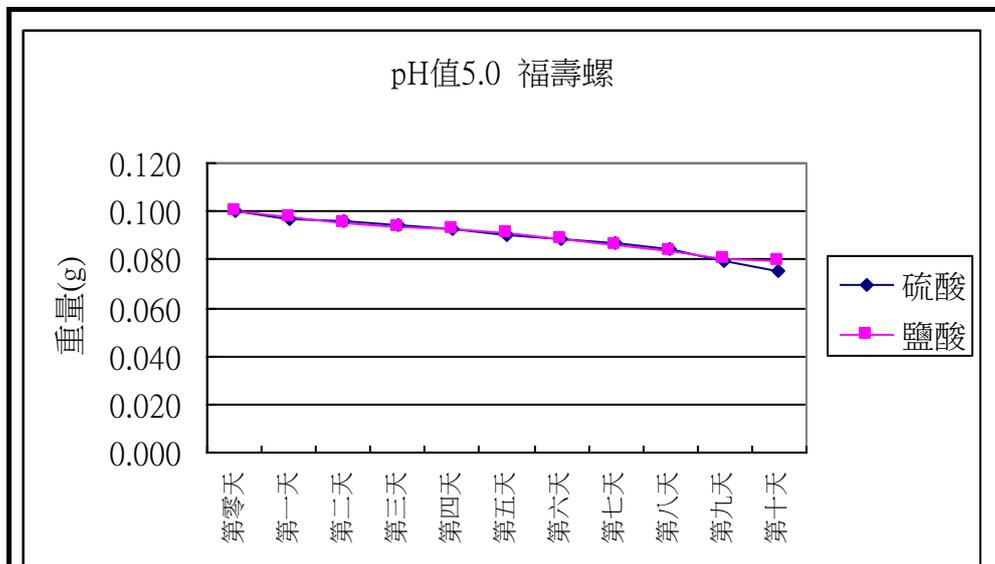
蝦子



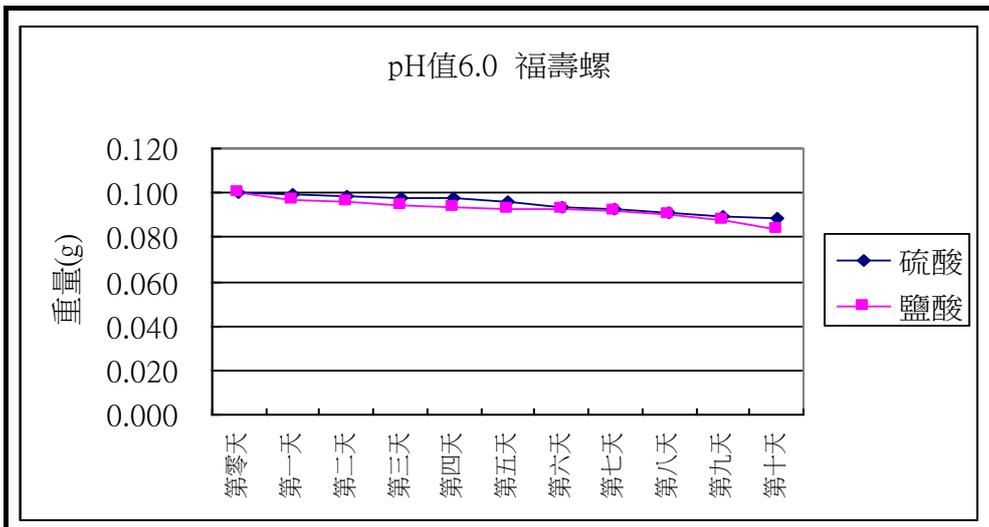
圖二十一、觀察不同種類外殼在 pH 值 4.0 之硫酸酸化海水下的變化



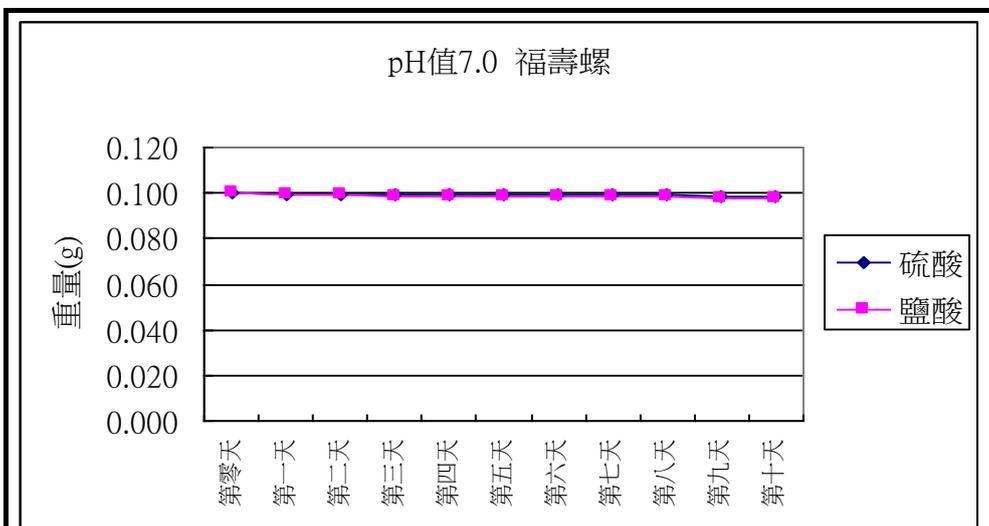
圖二十二、福壽螺在 pH 值 4.0 之不同酸化海水下的重量變化



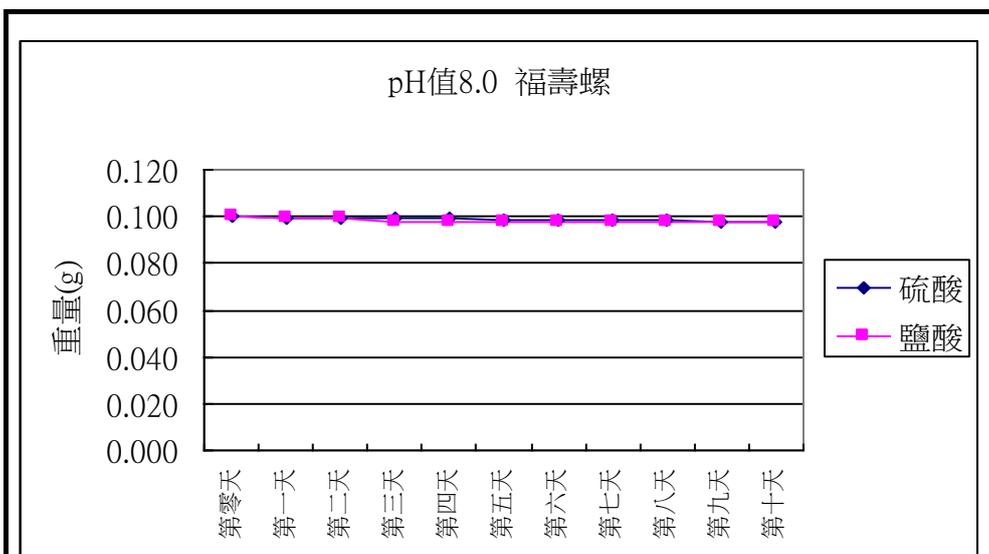
圖二十三、福壽螺在 pH 值 5.0 之不同酸化海水下的重量變化



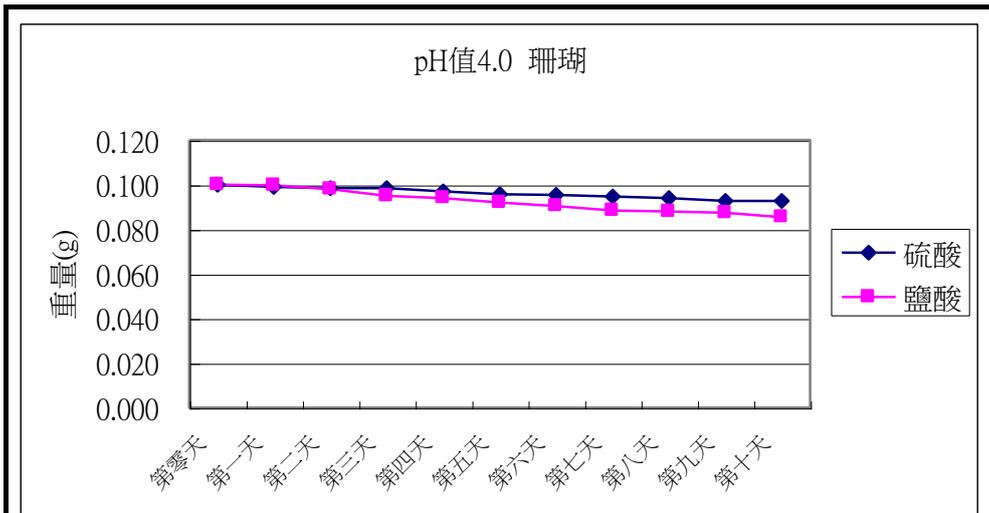
圖二十四、福壽螺在 pH 值 6.0 之不同酸化海水下的重量變化



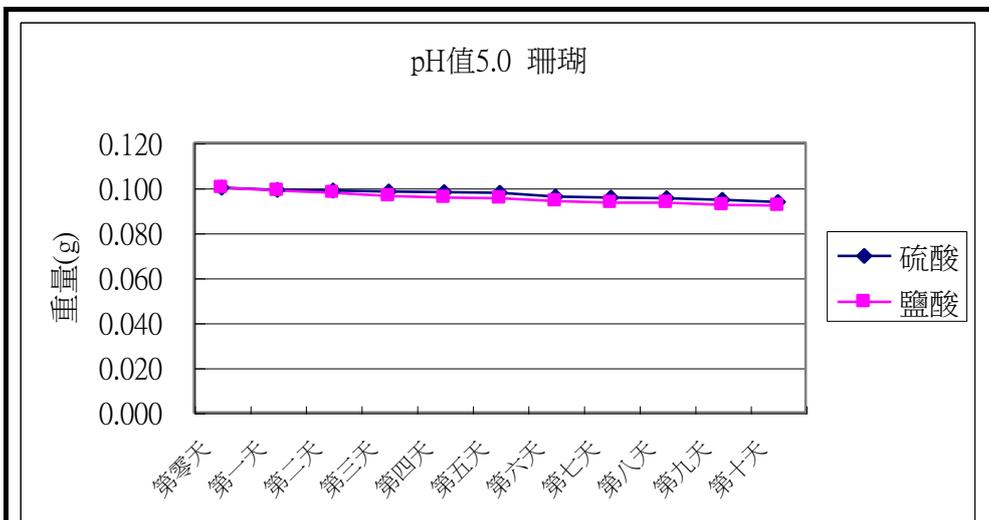
圖二十五、福壽螺在 pH 值 7.0 之不同酸化海水下的重量變化



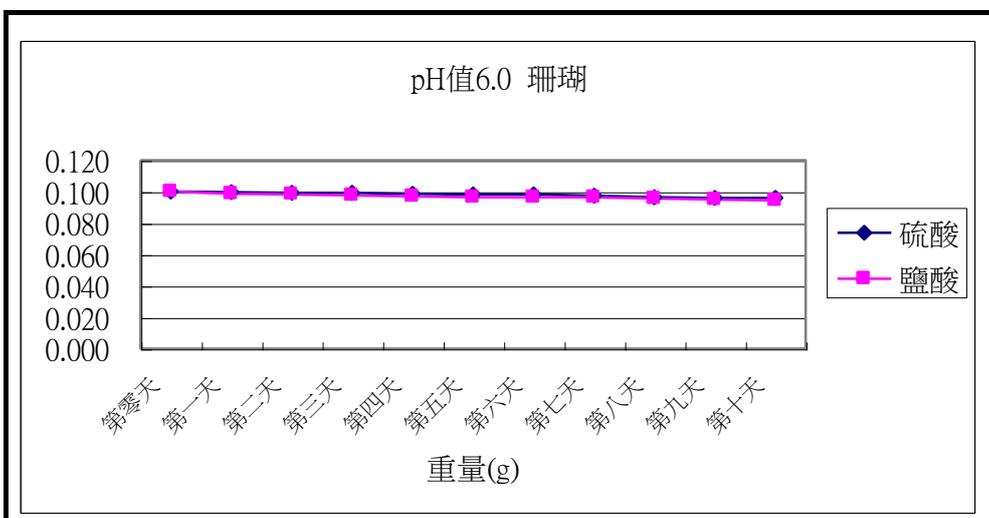
圖二十六、福壽螺在 pH 值 8.0 之不同酸化海水下的重量變化



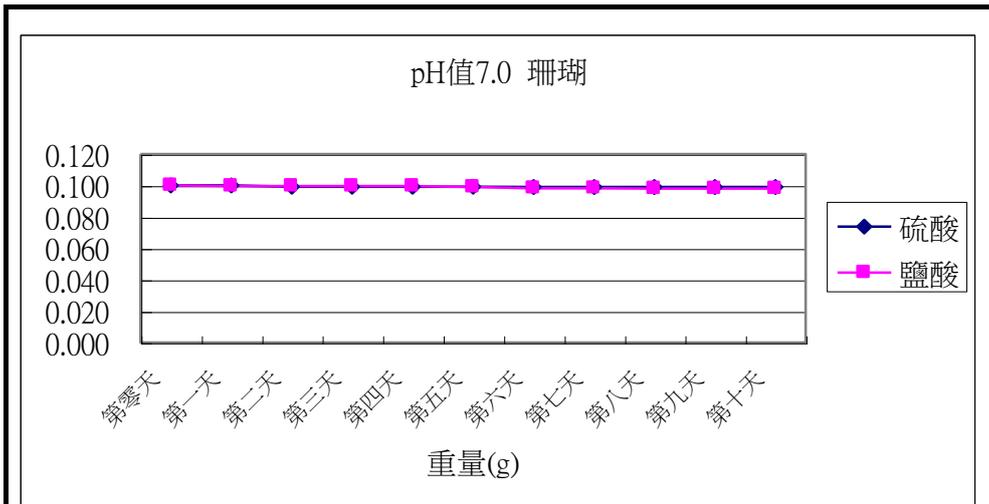
圖二十七、珊瑚在 pH 值 4.0 之不同酸化海水下的重量變化



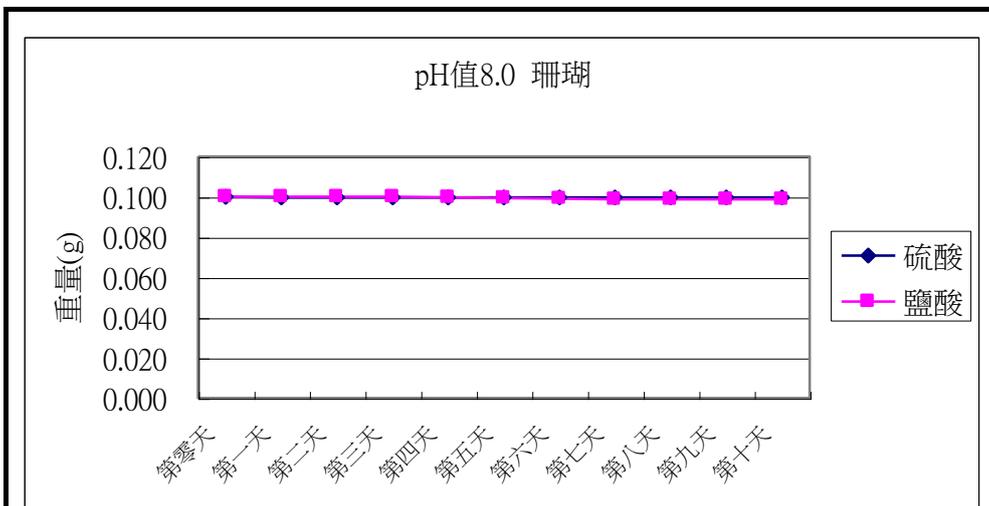
圖二十八、珊瑚在 pH 值 5.0 之不同酸化海水下的重量變化



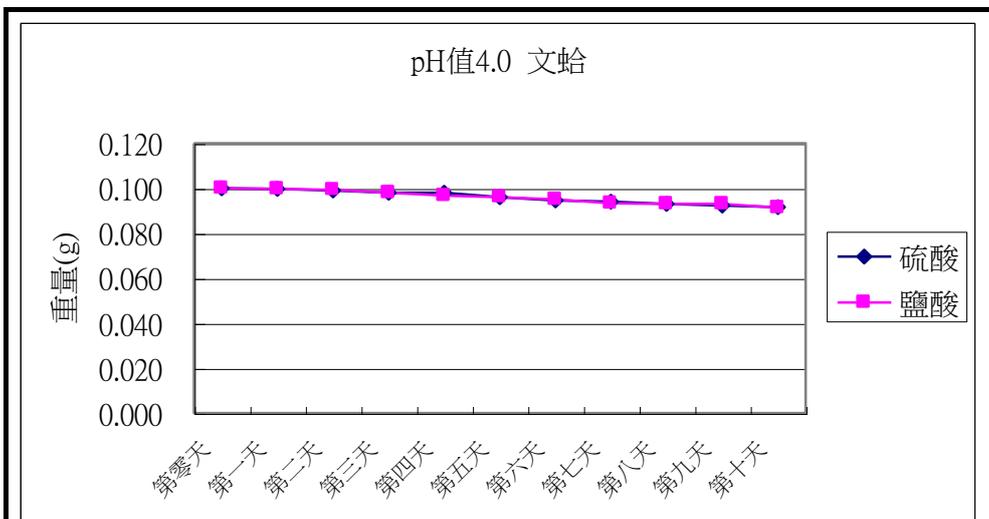
圖二十九、珊瑚在 pH 值 6.0 之不同酸化海水下的重量變化



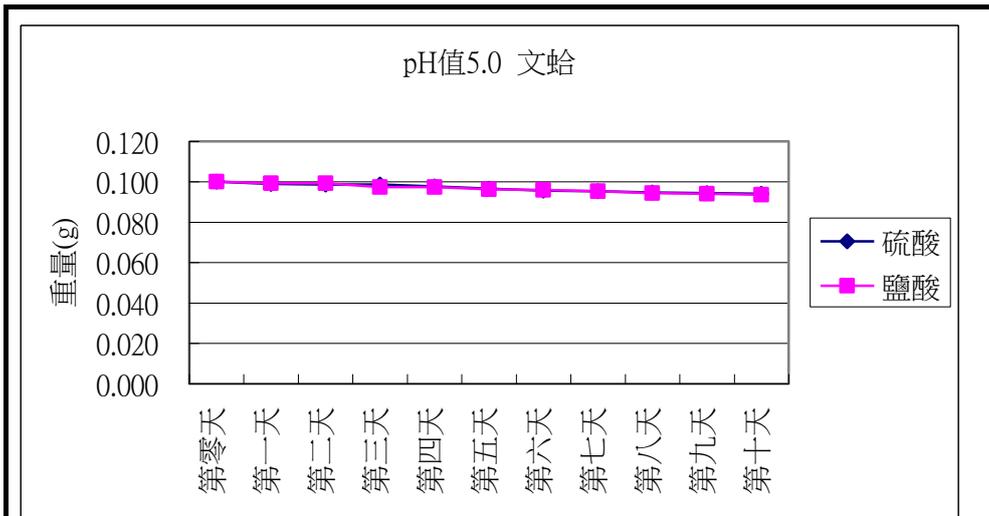
圖三十、珊瑚在 pH 值 7.0 之不同酸化海水下的重量變化



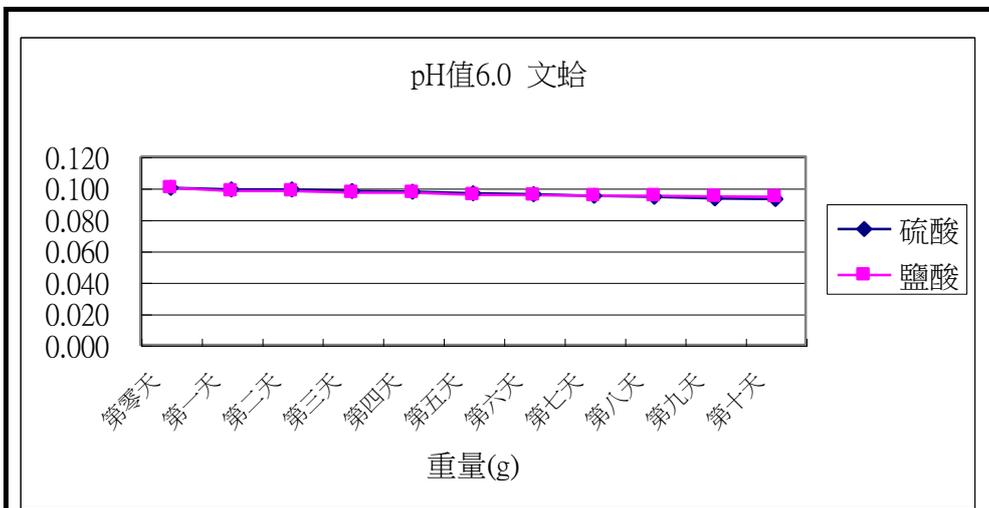
圖三十一、珊瑚在 pH 值 8.0 之不同酸化海水下的重量變化



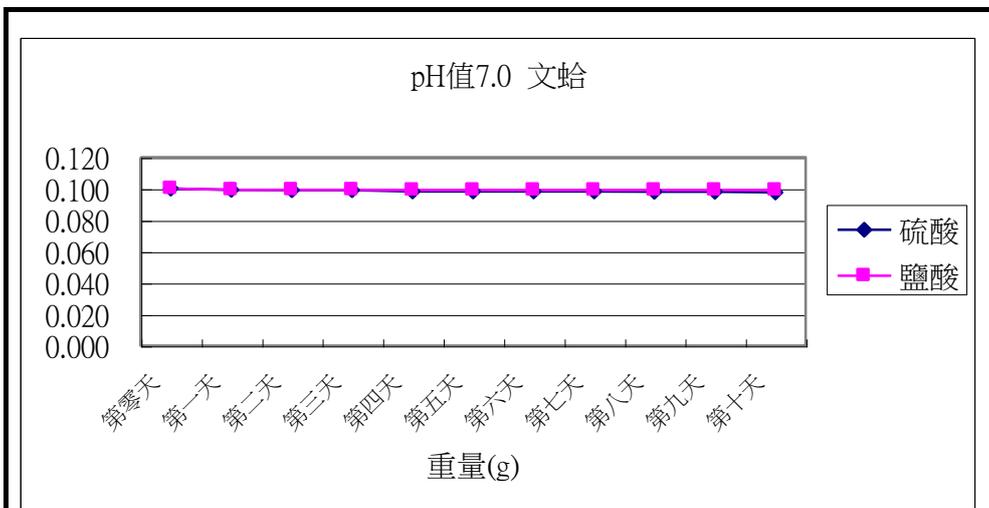
圖三十二、文蛤在 pH 值 4.0 之不同酸化海水下的重量變化



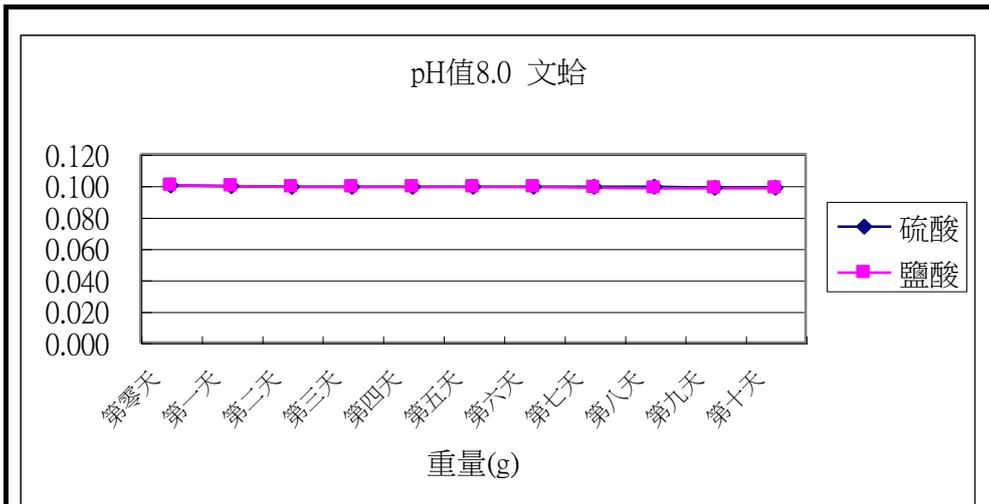
圖三十三、文蛤在 pH 值 5.0 之不同酸化海水下的重量變化



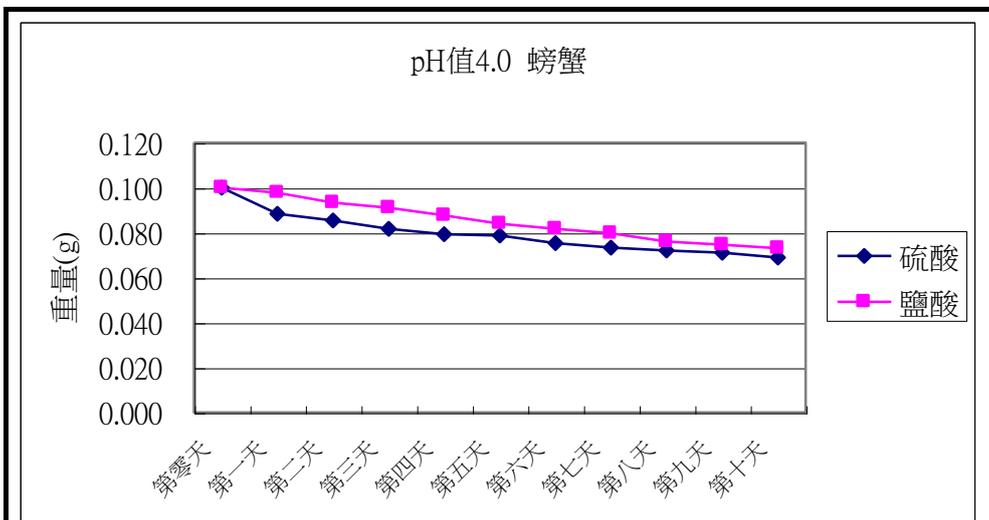
圖三十四、文蛤在 pH 值 6.0 之不同酸化海水下的重量變化



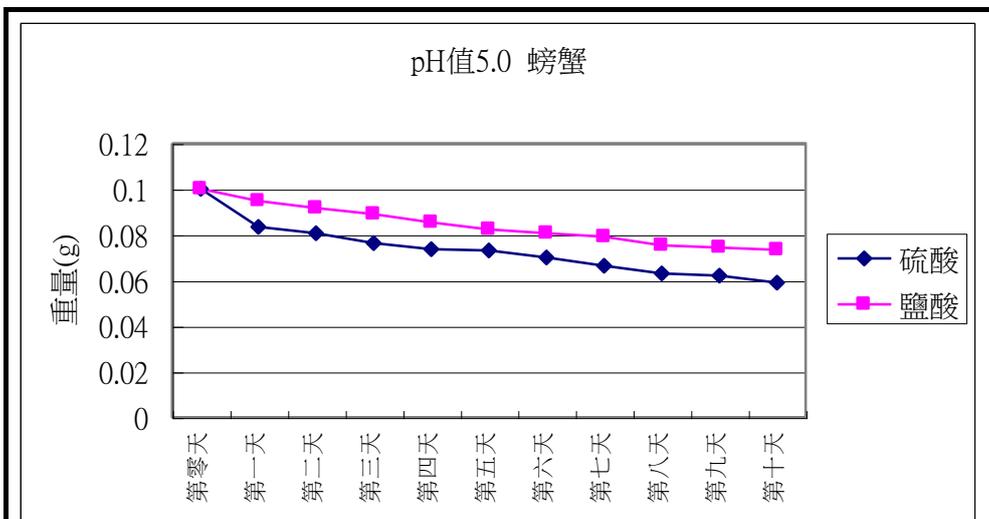
圖三十五、文蛤在 pH 值 7.0 之不同酸化海水下的重量變化



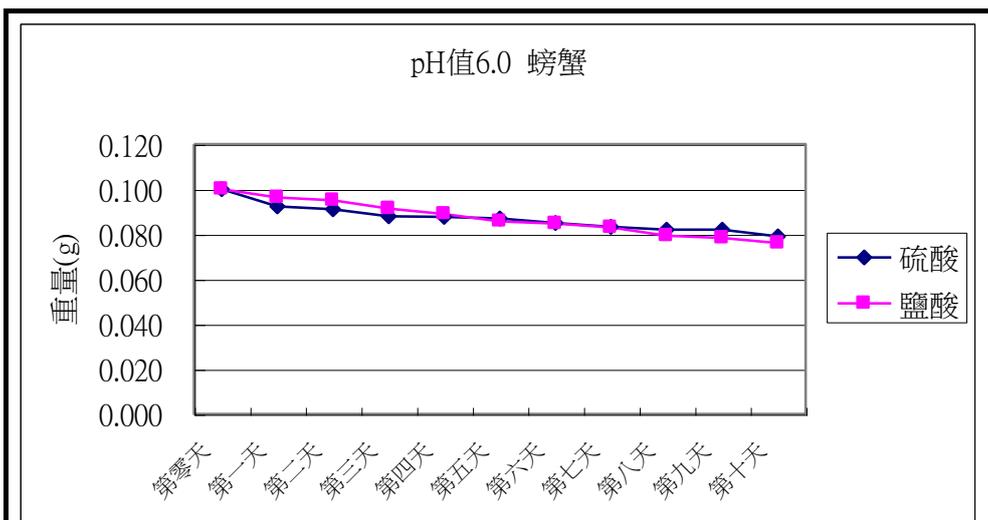
圖三十六、文蛤在 pH 值 8.0 之不同酸化海水下的重量變化



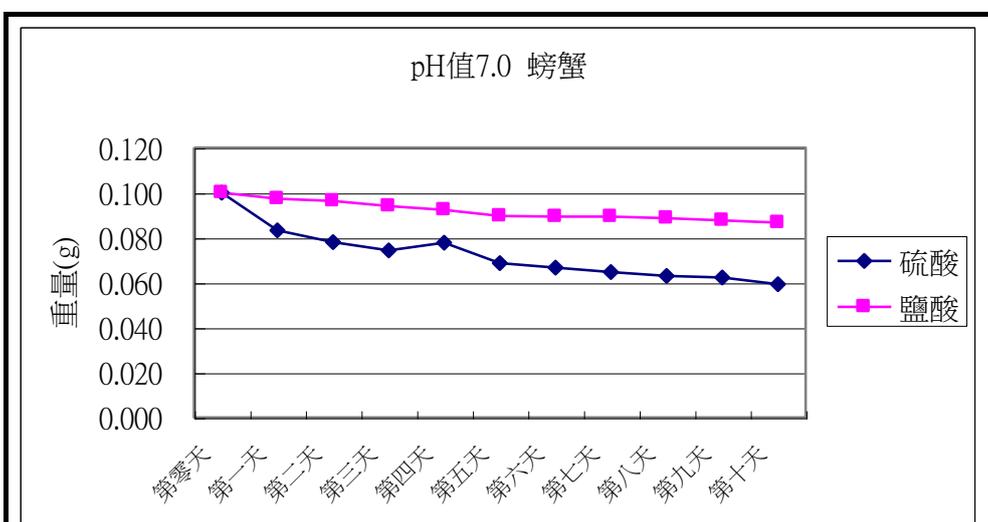
圖三十七、螃蟹在 pH 值 4.0 之不同酸化海水下的重量變化



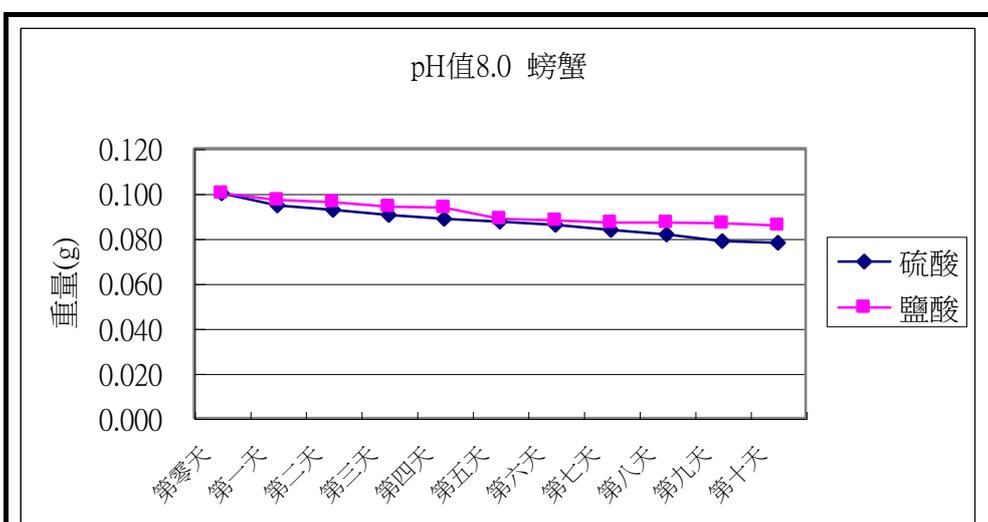
圖三十八、螃蟹在 pH 值 5.0 之不同酸化海水下的重量變化



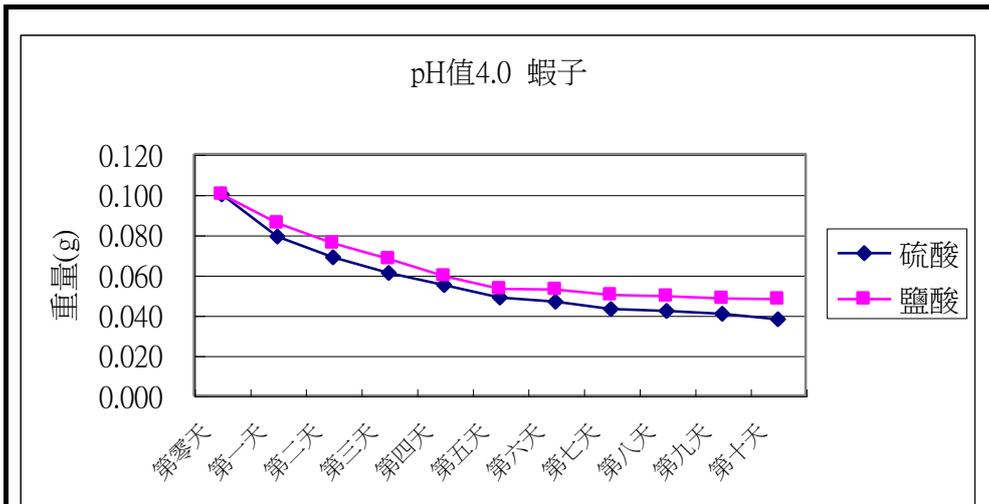
圖三十九、螃蟹在 pH 值 6.0 之不同酸化海水下的重量變化



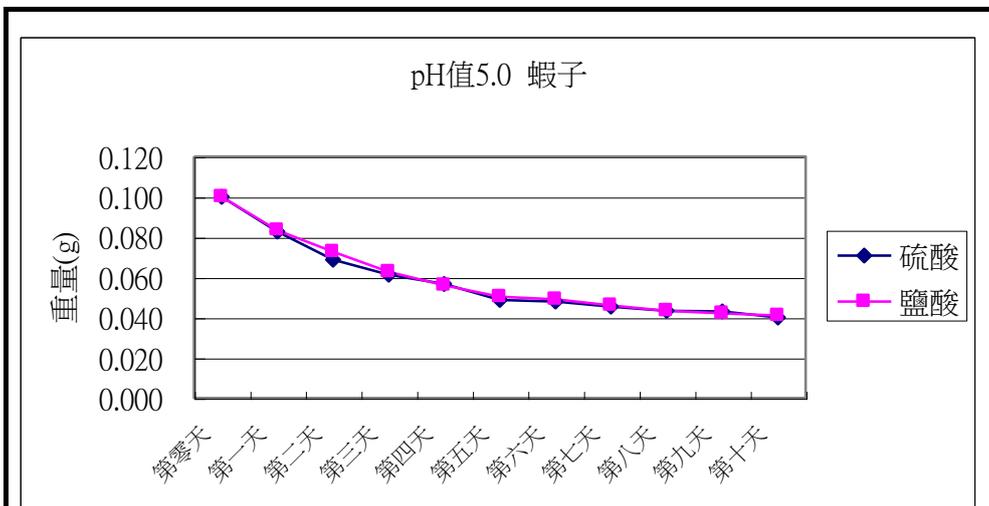
圖四十、螃蟹在 pH 值 7.0 之不同酸化海水下的重量變化



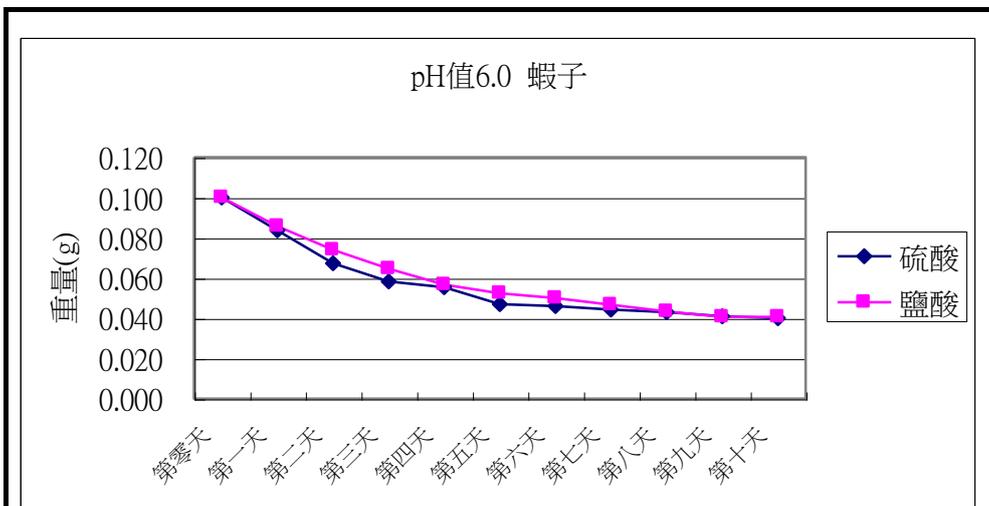
圖四十一、螃蟹在 pH 值 8.0 之不同酸化海水下的重量變化



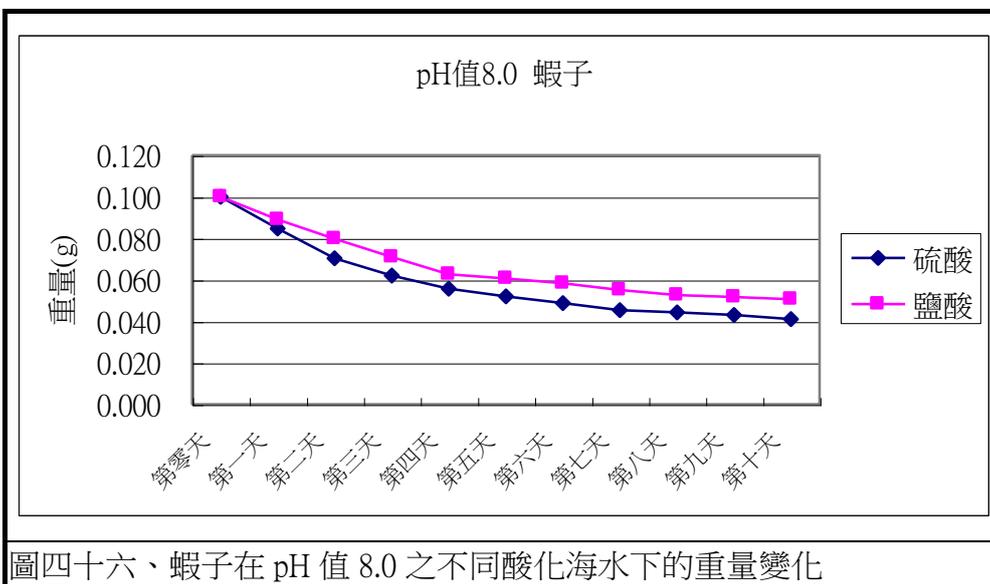
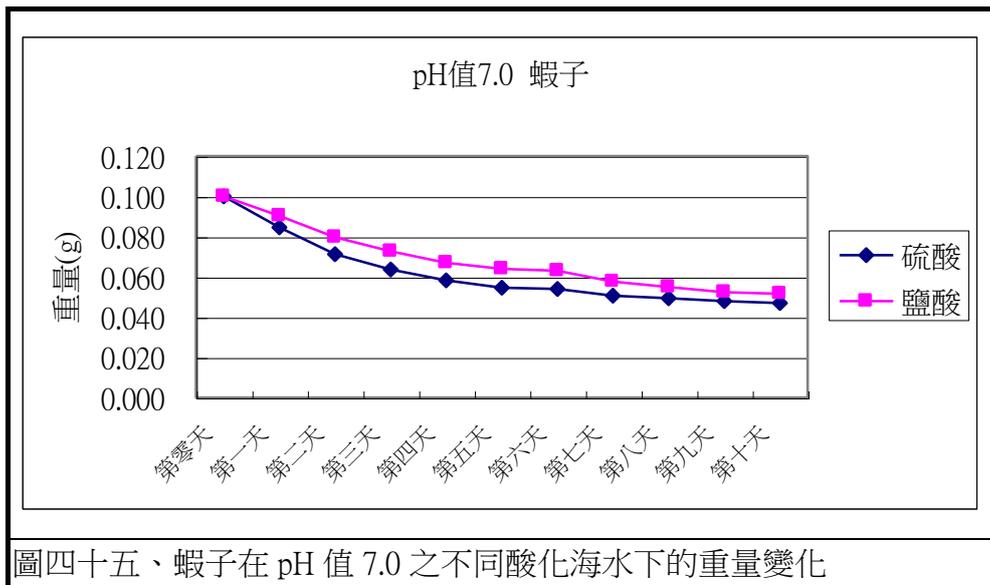
圖四十二、蝦子在 pH 值 4.0 之不同酸化海水下的重量變化



圖四十三、蝦子在 pH 值 5.0 之不同酸化海水下的重量變化



圖四十四、蝦子在 pH 值 6.0 之不同酸化海水下的重量變化



(三) 討論

1. 實驗發現硫酸酸化海水與鹽酸酸化海水對有殼動物的影響差異並不明顯，但在某些 PH 值，不同外殼還是有些許的差異。
2. 由圖二十二至三十六，顯示外殼成分主要為碳酸鈣的福壽螺、珊瑚和文蛤，硫酸和鹽酸酸化海水對其的侵蝕程度相差不大，推測主要影響應是與 H^+ 有關。
3. 由圖三十七至四十六，顯示外殼成分主要為幾丁質的甲殼類在硫酸酸化海水中外殼的溶解量稍稍偏多，尤其 pH 值 7.0 時螃蟹重量差異幾達 30%(圖四十)；顯示硫酸根離子亦可能對殼的溶解有所影響。
4. 由化學反應式: $Ca^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow CaSO_4$ ，推測當 $CaSO_4$ 沉澱使 Ca^{2+} 減少時，會促進碳酸鈣鹽類的溶解，但為何對螃蟹的影響較為明顯，仍有待進一步的探究。

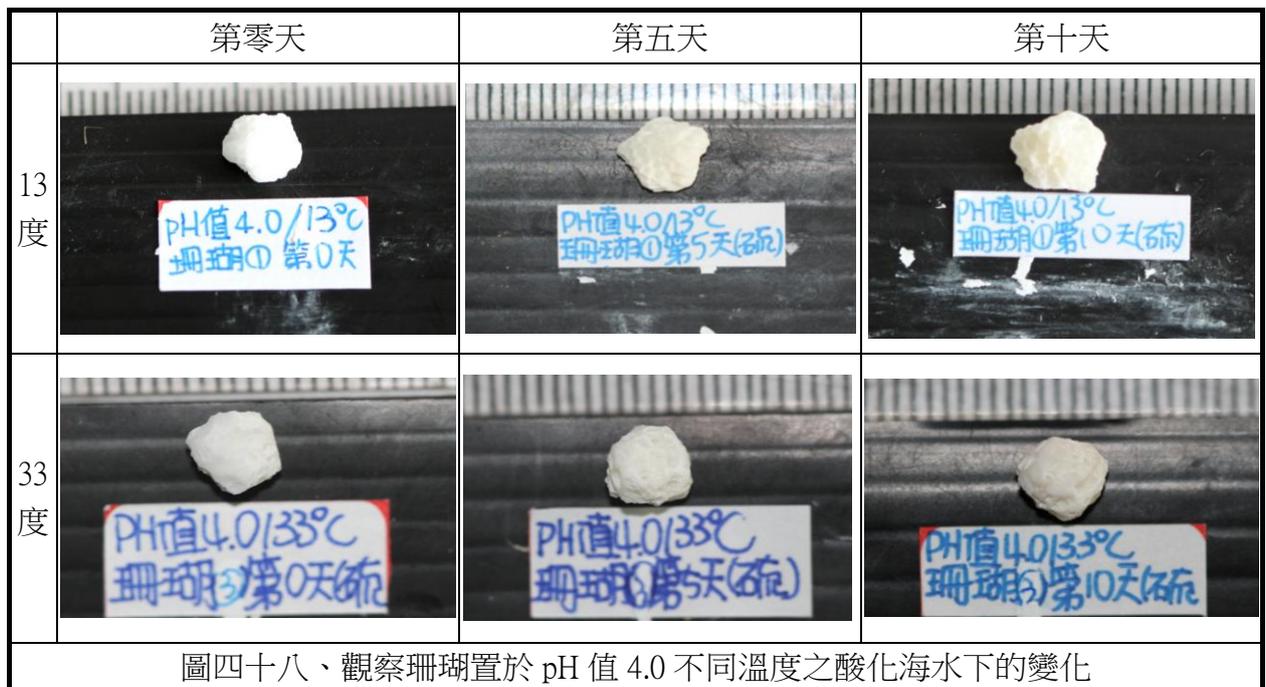
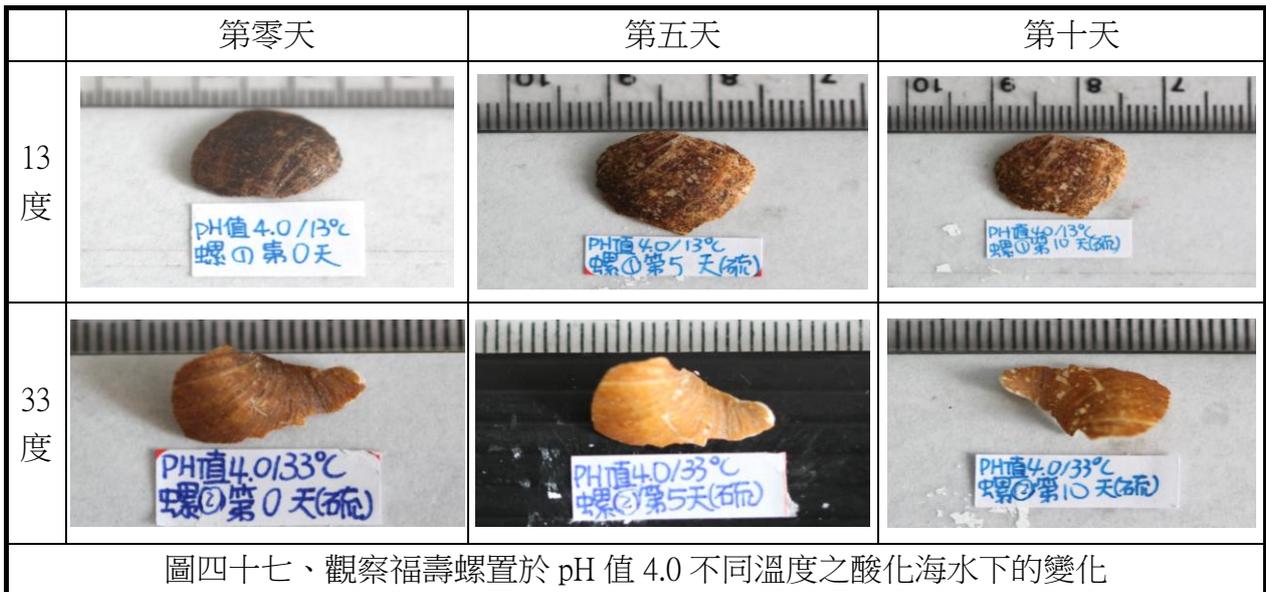
三、探討不同溫度的酸化海水對有殼動物外殼的影響

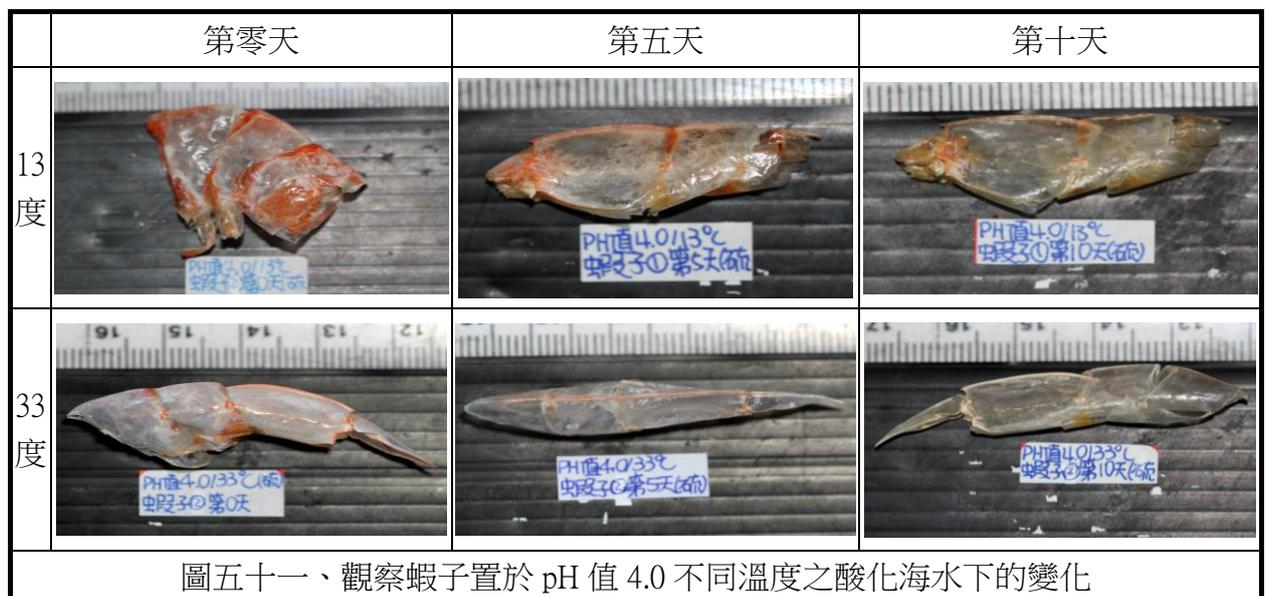
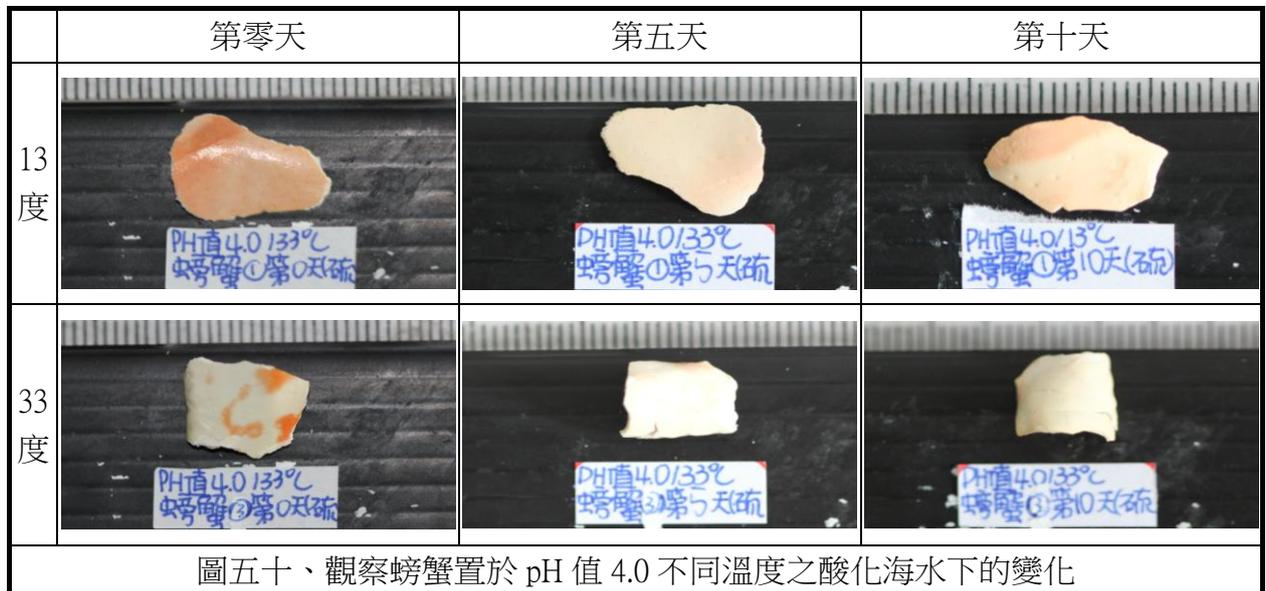
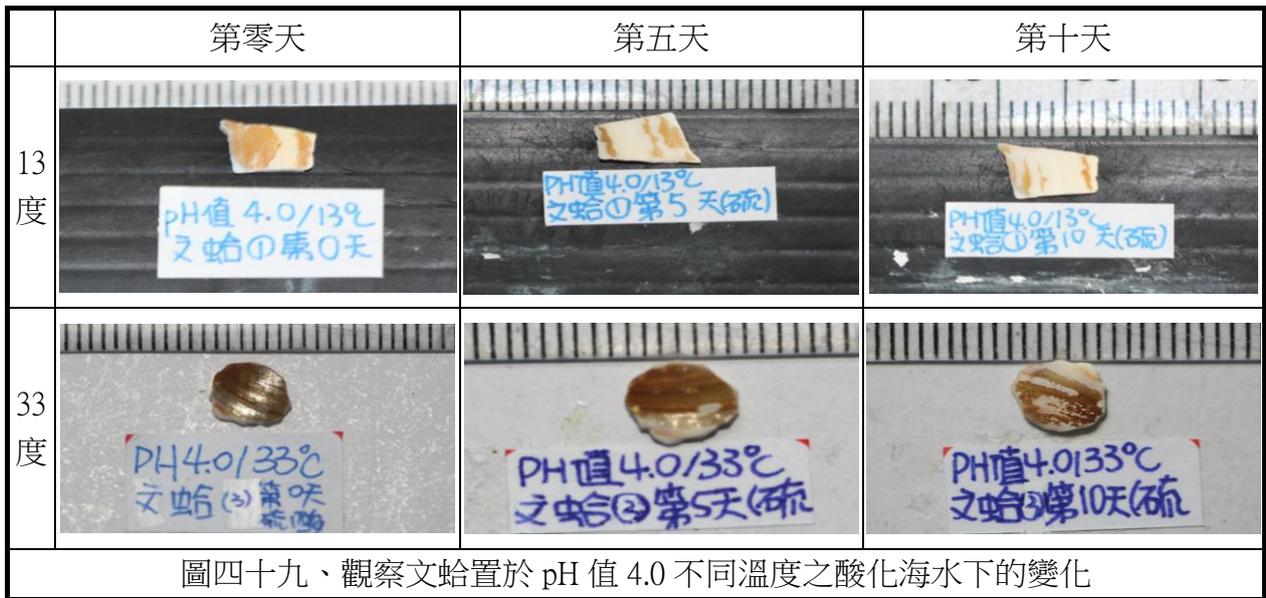
文獻指出排煙脫硫的廢水亦會使海水水溫偏高，且台灣海域夏季海水溫度可超過 30℃，冬季低溫近 10℃。我們想進一步了解這樣的溫度差異對殼溶解的影響為何。

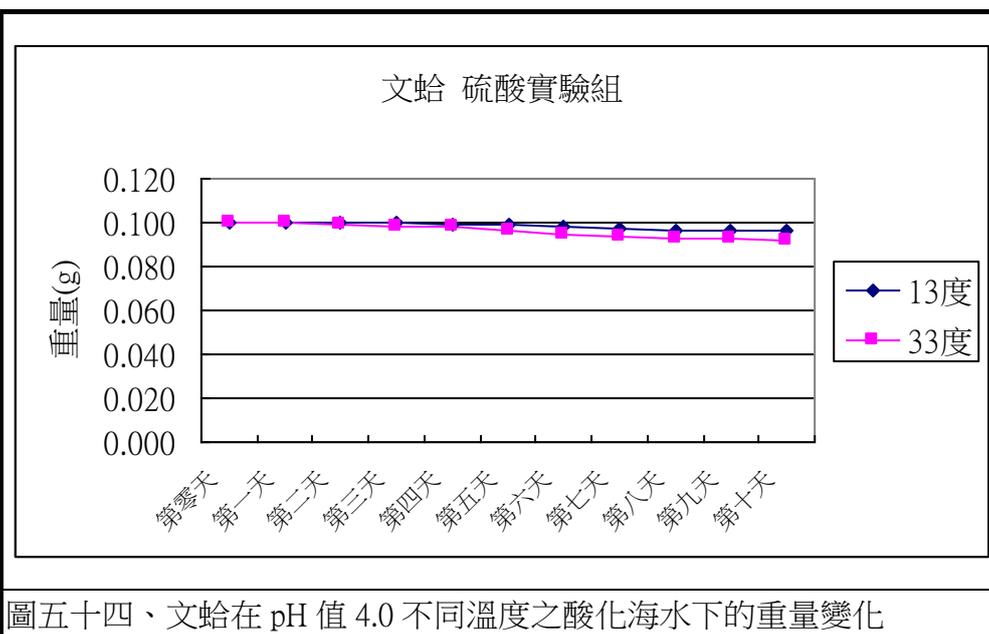
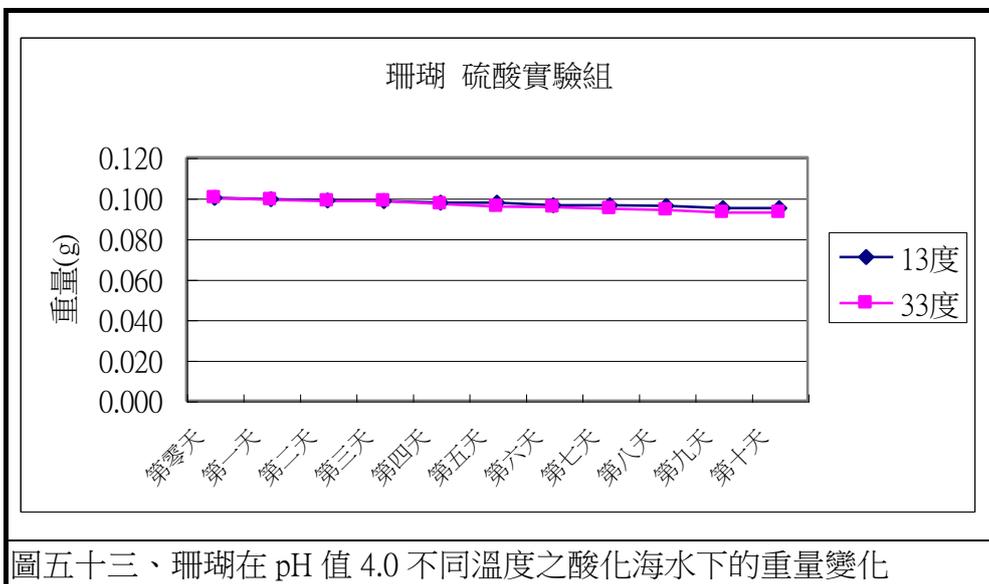
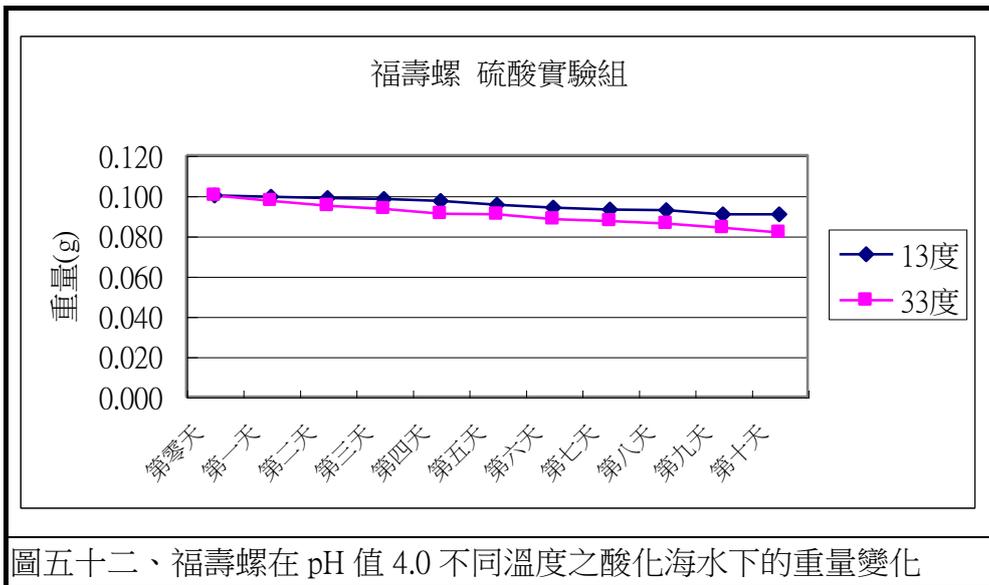
(一) 步驟

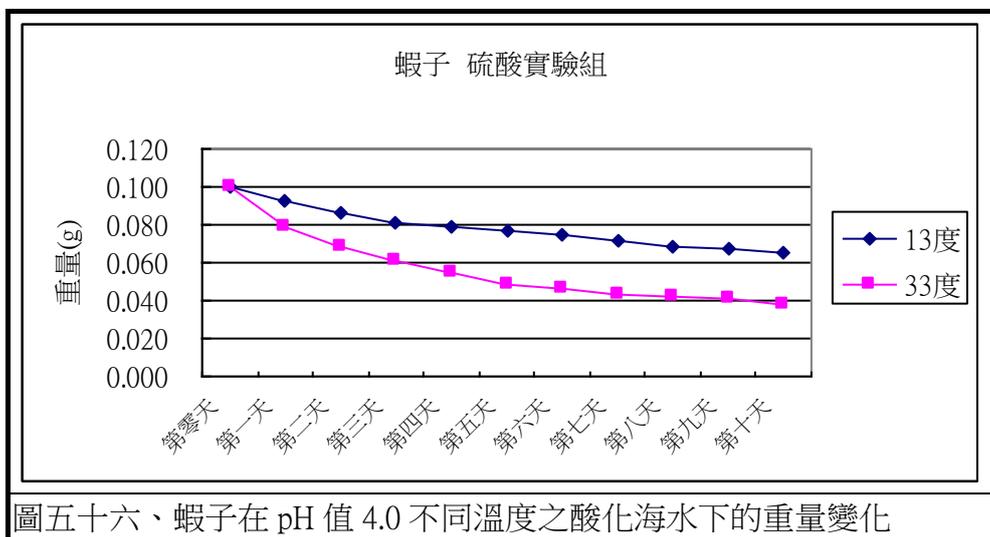
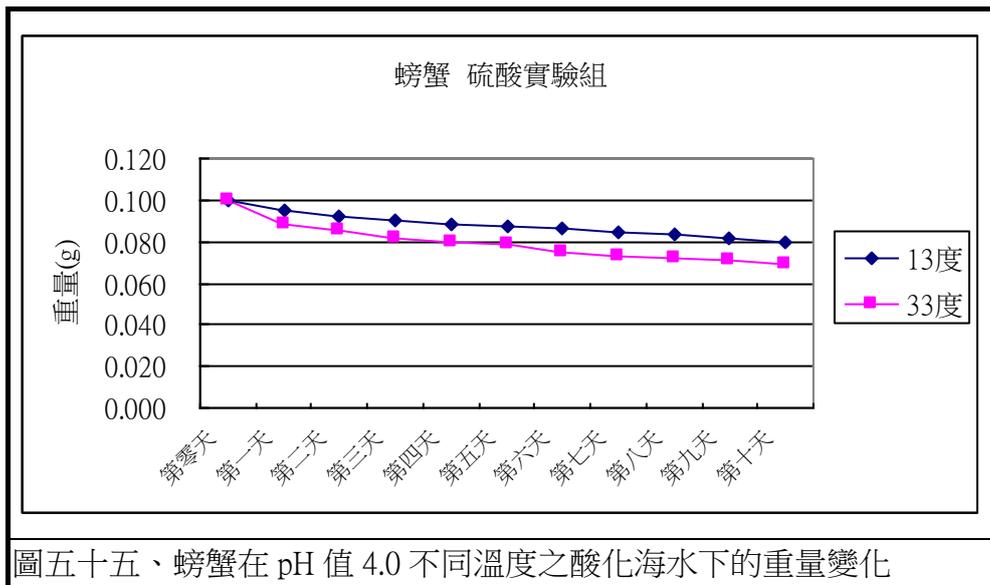
1. 任取同種殼 0.1 克各 6 個，作拍照及重量紀錄後，分別放入茶包。
2. 以硫酸調配 pH 值 4.0 的人工海水兩缸，將其溫度控制於 13℃ 及 33℃。
3. 將裝有殼的茶包 3 個為單位一一置入水缸中。每天中午將所有殼取出，記錄海水 pH 值變化、水溫及比重，烘乾後再測量殼之重量，並拍照紀錄。
4. 將海水重新調回 pH 值 4.0，再將殼置回。

(二) 結果









(三) 討論

- 1.由圖四十七至五十一顯示，33°C明顯較13°C的外殼更為白化、褪色且易碎；尤其甲殼類(螃蟹、蝦子)外殼的差異更是明顯，螃蟹的外殼至第8~10天即有逐漸變軟的趨勢。
- 2.由圖五十二至五十六顯示，高溫(33°C)酸化海水對殼的溶解皆呈現增加的趨勢，碳酸鈣成分為主，較堅硬的珊瑚與文蛤外殼溶解速率同樣相對較為緩慢。
- 3.高溫(33°C)酸化海水使螃蟹外殼的溶解減少了將近一成(圖五十五)；蝦子的溶解量仍為五種殼之冠，33°C酸化海水中減少近60%，遠遠高於13°C的40%。
- 4.綜合上述，依殼溶解程度，大致上可分為兩類，一是以碳酸鈣為主的福壽螺、珊瑚與文蛤，一是含幾丁質成分的甲殼類螃蟹與蝦子；前者的重量變化較小，後者則較大。不論如何，有殼動物外殼置於高溫酸化的海水下皆會加速其外殼的溶解，尤其是甲殼類。此項結果不禁讓我們擔憂，台塑麥寮附近排煙脫硫下高溫的酸化海水究竟會給當地的生態帶來多大的衝擊？

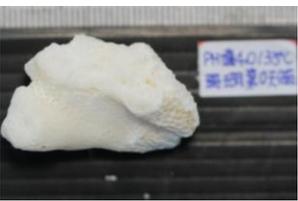
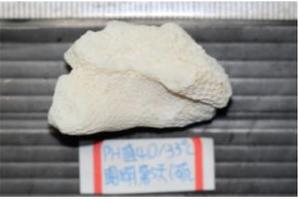
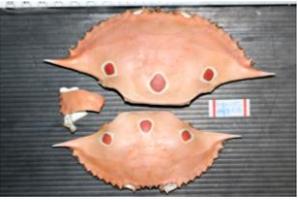
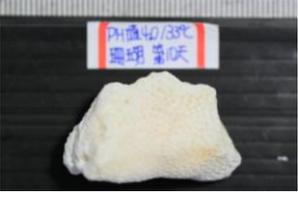
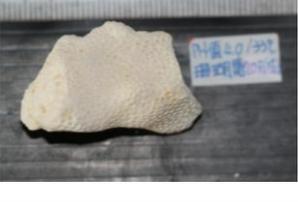
四、 探討有殼動物外殼與酸化海水的交互作用

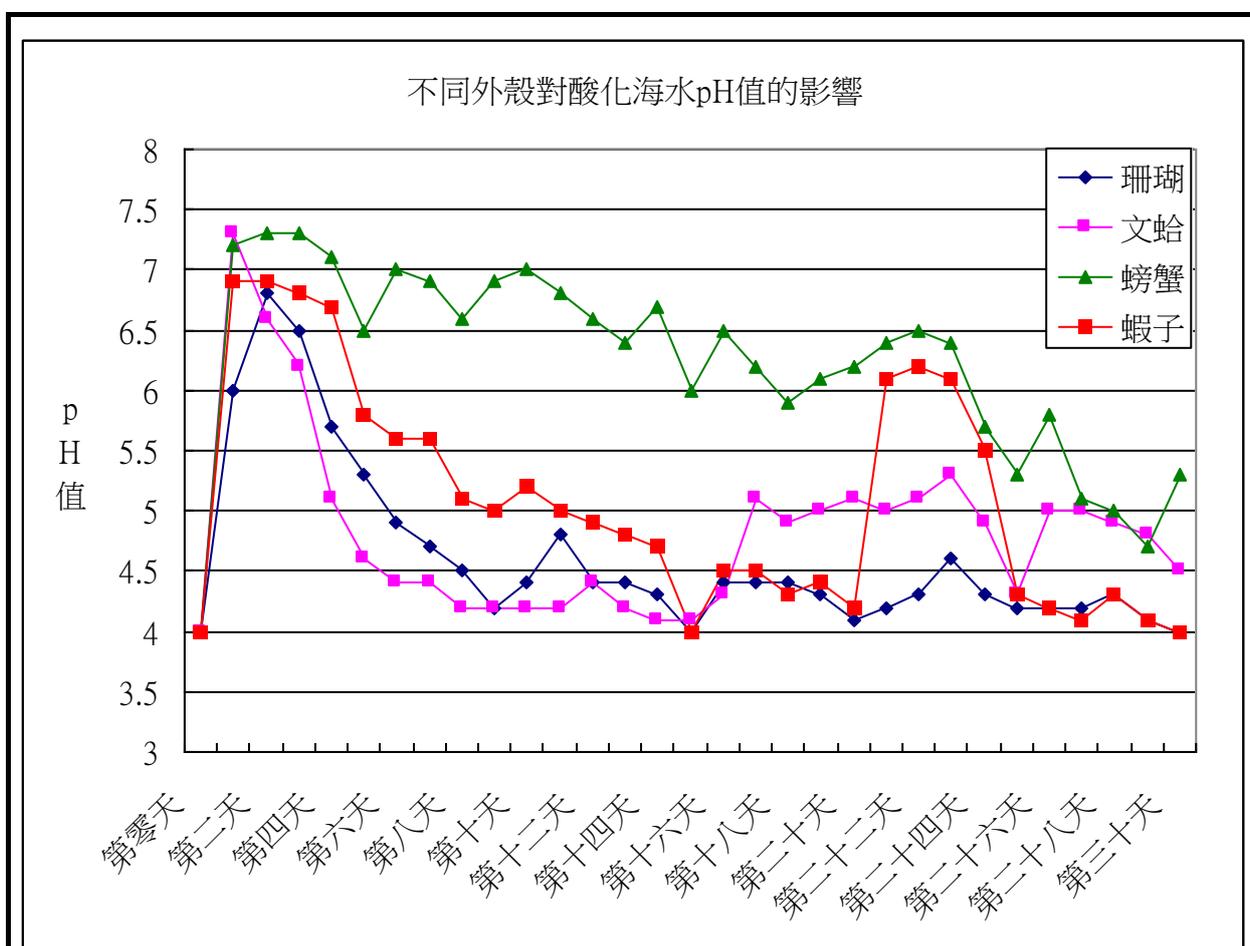
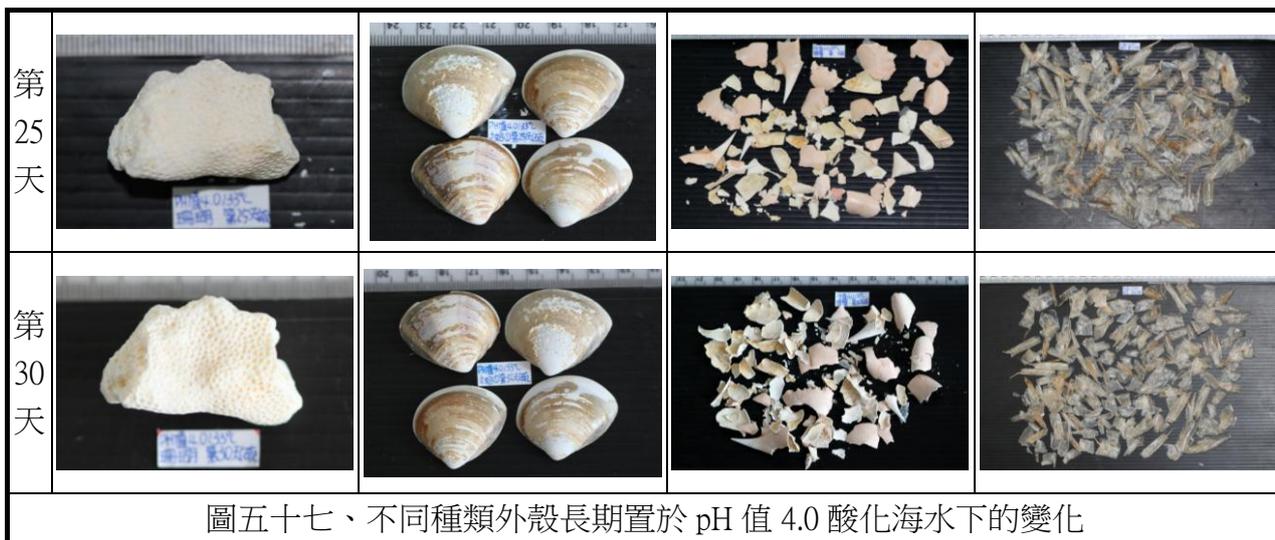
鹼性的海水用以中和排煙脫硫所產生的強酸，有殼動物的外殼是否佔有一定程度的貢獻？不同的外殼對海水 pH 值的影響又是如何？

(一) 步驟

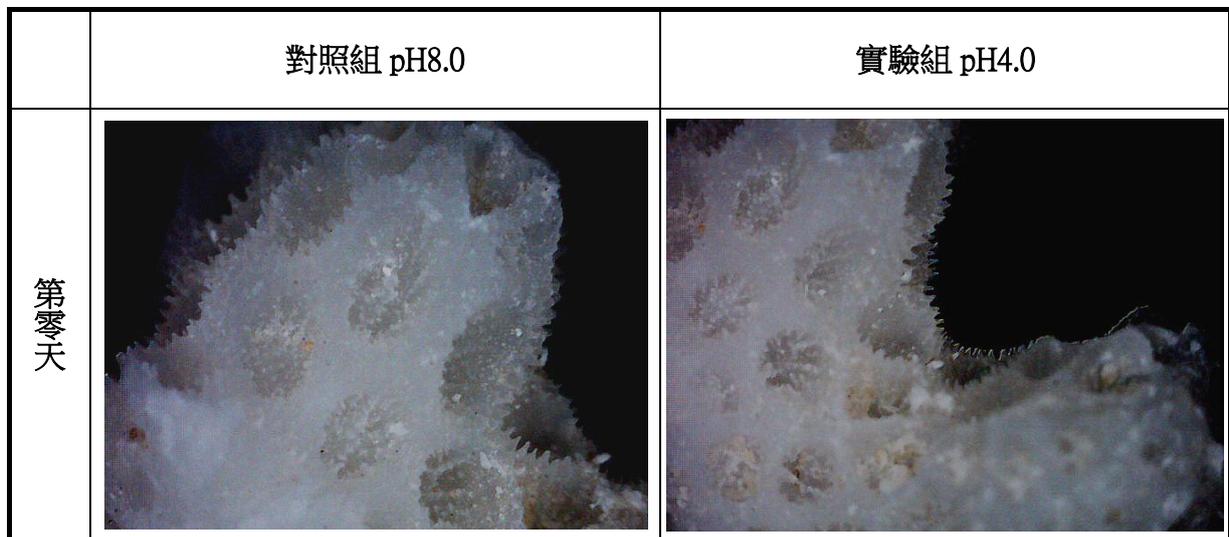
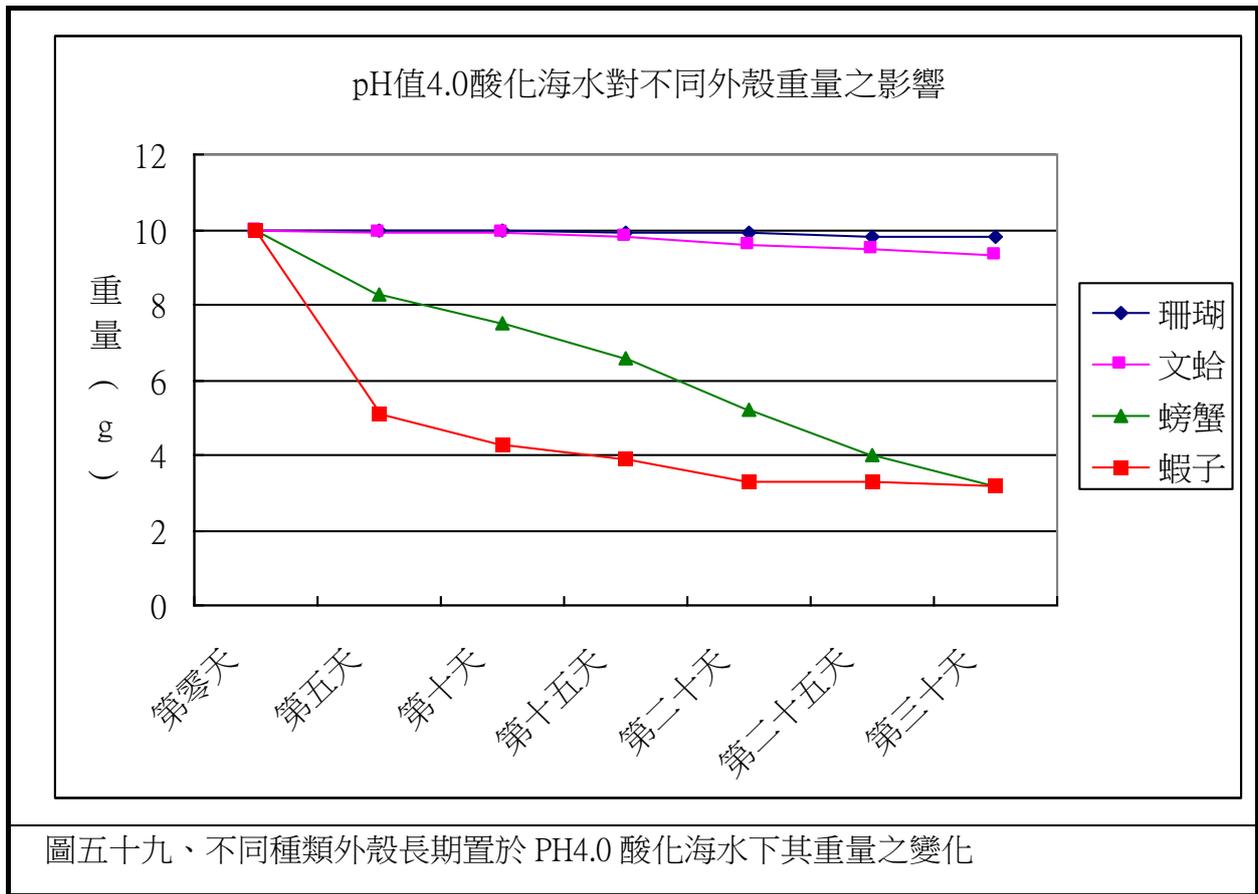
- 1.取每種殼各 10 克，做重量及照片紀錄後，分別放入茶包。
- 2.以硫酸調配四缸 pH 值 4.0 之十公升海水，利用加熱器將其溫度控制在 33°C，再把茶包一一置入。
- 3.每天中午紀錄海水 pH 值變化、水溫及比重，每隔五天再將所有殼取出，烘乾後測量殼之重量，並拍照紀錄。
4. 將海水重新調回 PH 值 4.0，再將殼置回。

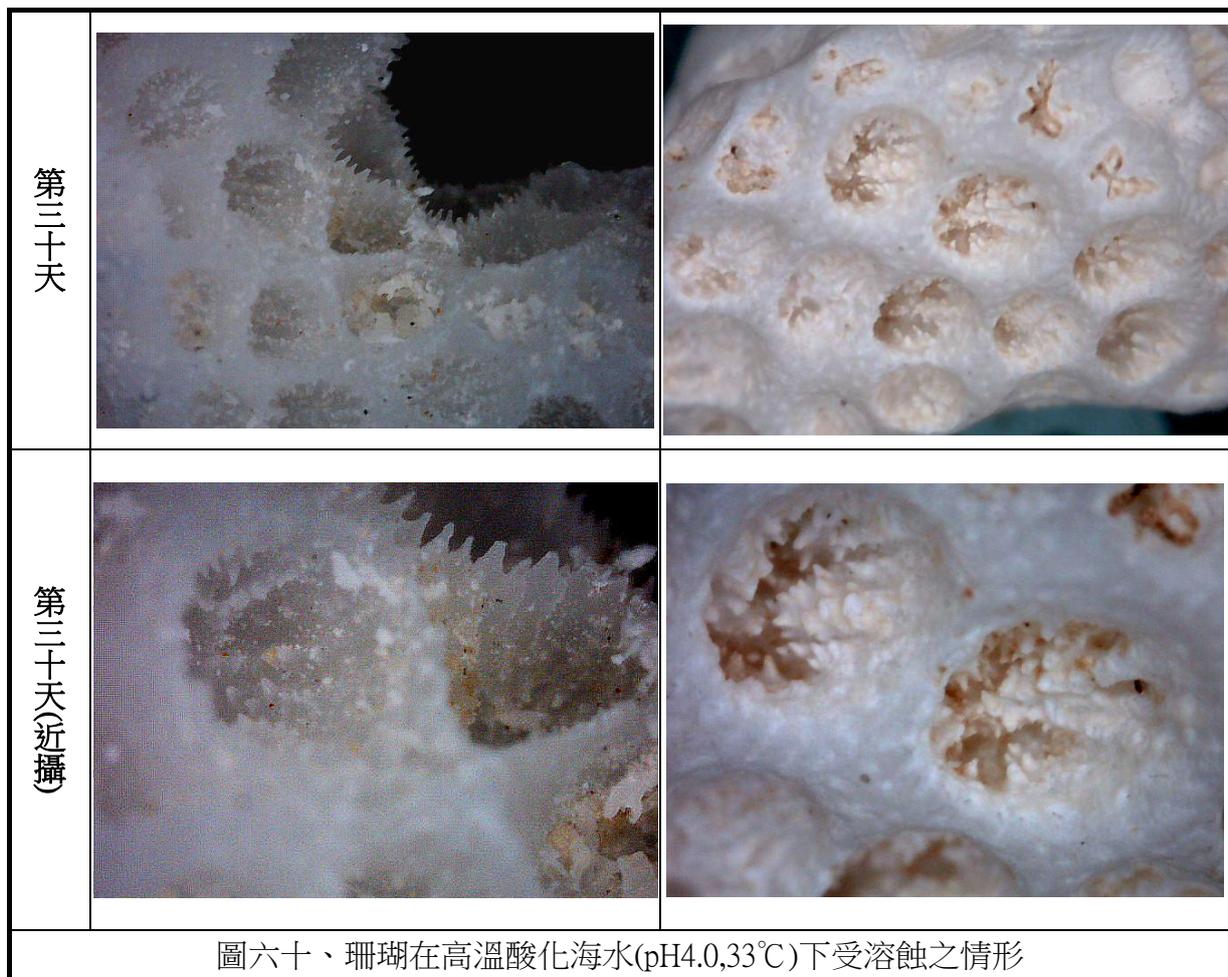
(二) 結果

	珊瑚	文蛤	螃蟹	蝦子
第 0 天				
第 5 天				
第 10 天				
第 15 天				
第 20 天				



圖五十八、不同種類外殼長期置於 PH4.0 酸化海水中其 pH 值之變化





(三) 討論

- 1.珊瑚在前五天接觸到 pH 值 4.0 的酸化海水時，在重量部分一直都沒有明顯變化，而海水 pH 值卻有明顯的回升，但第六天之後，海水 pH 值回升的現象逐漸減弱，到最後幾天已接近 pH 值 4.0。
- 2.由圖六十，我們發現珊瑚置於高溫酸化海水中，其表面的小凹洞皆被侵蝕而導致異常的光滑，浸泡才三十天即如此，很難想像經年累月下來，對生長於其表面的浮游生物及藻類影響恐非常嚴重。
- 3.文蛤重量的減少較珊瑚只稍多一些，對海水 pH 值回升的程度在末期較珊瑚亦稍高一些，但 pH 值也已低至 5 以下。
- 4.蝦子溶解的速率在四種殼中 fastest，初期仍可維持 pH 值在 6.0 以上，最後 pH 值也已接近 4.0。
- 5.螃蟹重量一直呈現穩定的下降趨勢，對海水的 pH 值回升的能力最強。在 23 天以前皆可使 pH 值維持在 6.0 以上，其後回升能力才逐漸降低。而自第十天即可看出，外殼鮮豔的紅色已淡化許多，且出現許多裂痕，到第三十天已成碎塊狀(圖五十七)。
- 6.綜合評估，珊瑚和文蛤對於海水 pH 值的回升能力較弱，含有幾丁質的甲殼類(螃蟹、蝦子)對酸化海水 pH 值的回升貢獻較多。

伍、結論

- 一、不同 pH 值酸化海水對不同外殼影響略有差異。外殼成分以碳酸鈣為主的珊瑚、文蛤溶解速率較慢(約 10%)；含幾丁質成分的甲殼類溶解較快；十天內螃蟹重量減少約 2~429

- 成，蝦子可達 4~6 成。
- 二、蝦子外殼溶解量隨時間增加而增加，與海水 pH 值無顯著相關。
 - 三、評估酸化海水對外殼溶解程度依序為：蝦子 > 螃蟹 > 福壽螺 > 文蛤 > 珊瑚。
 - 四、硫酸與鹽酸的酸化海水溶蝕外殼的速率，除螃蟹外，差異並不明顯。
 - 五、酸化海水的水溫會影響溶解速率，溫度的上升(13°C 至 33°C)會導致溶解速率增快，對蝦子的影響最大，重量差異可達 25%。
 - 六、外殼結構亦會影響溶解量。珊瑚、文蛤具有較結實堅硬的外殼，較不易被腐蝕；外殼同樣是碳酸鈣的福壽螺因硬度較低，溶解速率較快。
 - 七、相較於珊瑚與文蛤，螃蟹與蝦子在酸化海水的作用下溶解量較多，對 pH 值的回升也較有貢獻。統整評估四種殼對海水 pH 值回升的貢獻依序為：螃蟹 > 蝦子 > 文蛤 > 珊瑚。

陸、參考文獻

- 一、陳偉坤、楊萬發。發電廠濕式石灰石法排煙脫硫廢水結垢性質研究(1999)。國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文。
- 二、何立德、王鑫(2002)。碳酸鈣與蓋姬，台灣的珊瑚礁(P192-P197)。台北縣：遠足文化。
- 三、海洋酸化威脅海洋生物(2005)。國科會國際合作簡訊網。取自：
<http://www2.cnrs.fr/presse/communique/775.htm>
- 四、劉惠雅、林吟臻(2006)。海洋酸化的危機。取自：
<http://microbiology.scu.edu.tw/technews/viewtopic.asp?id=118>
- 五、海洋酸化，珊瑚礁可能在 2050 年消失 98%(2007)。環境資訊中心。取自：
<http://e-info.org.tw/node/29181>
- 六、酸性威脅---隨著二氧化碳濃度增加，有殼動物可能消失絕跡(2007)。國家地理雜誌(中文版)，83，94-95。
- 七、台灣 CO2 排放站上世界舞台,台中、麥寮電廠名列十大(2007)。環境資訊中心。取自：
<http://e-info.org.tw/node/28254>
- 八、朱淑娟。台塑麥寮電廠水域酸化中(2007)。聯合報。取自：
<http://www.wretch.cc/blog/tepu/10465481>
- 九、賴景陽(2008)。台灣貝類圖鑑。台北市：貓頭鷹出版社。
- 十、王秉凡、方鴻源。六輕工業區前後期對雲林海域的影響分析評估(2008)。國立雲林科技大學環境與安全衛生工程系碩士論文。
- 十一、林智鴻。台塑六輕工業區對環境品質及地方發展之影響衝擊評估(2008)。國立中山大學海洋事務研究所碩士論文。
- 十二、陳銘宗、李家塗。海水煙氣脫硫吸收效率研究(2008)。屏東科技大學環境工程與科學系碩士論文。
- 十三、林宜靚、黃于瑄、邱俊凱、劉柏鈞(2009)。有殼動物的辛酸--酸化海水與有殼動物外殼交互作用之影響。中華民國第 49 屆全國科展作品說明書。

【評語】 030514

優點：作品內容豐富，符合環境議題。

缺點：測量酸溶蝕有殼動物外殼反應時，未考慮反應表面積之因素；此研究與參考文獻十三，重疊性高，且未能突破前人之研究成果。

建議：設計實驗宜更具原創性。