

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

佳作

080315

超級大蛤命，探索文蛤趣！

學校名稱：臺北市松山區民生國民小學

作者： 小六 薛淳謙 小六 林奕帆	指導老師： 吳秀錦 陳婉逸
-------------------------	---------------------

關鍵詞：文蛤、出入水管

超級大蛤命，探索文蛤趣！

摘要

本研究以文獻探討及實驗觀察法了解文蛤體型、舉起重物能力及出入水行為，探討不同保存條件對文蛤的影響。

研究發現文蛤殼寬、高、長有規律，體重與體型大小有關。文蛤被重物壓著也能打開雙殼，舉起體重十幾倍至三十倍的重物，正面舉重能力比反面強。文蛤入水管也會噴水，反面朝上時入水管噴水次數特別多。

文蛤不同部位互敲聲音不同，以 B 區(圖 13)互敲較容易分辨死活。文蛤聲音在死亡過程中逐漸產生變化，發臭前可聽出聲音漸低，死文蛤頻譜圖低頻區信噪比變大，而且可能有些高頻聲音會消失。

文蛤在死亡前體重會減輕，有些會出現重覆開合的行為。低溫有利文蛤保存，若有水，有沒有換水也有不同影響。

壹、研究動機

自然課《動物的身體和運動》提到文蛤運動方式，《水中的生物》介紹了水生動物呼吸及運動方式，對於文蛤的構造及功能，我們除了閱讀文獻資料，也親自觀察、實驗來認識文蛤。

我們發現文蛤的出入水管同時噴出水柱，但文獻說「出水管出水、入水管入水」，所以我們針對出入水管的出入水行為加以研究。

買文蛤時，一般人利用敲文蛤的聲音來辨別是否新鮮。這種方法判斷文蛤死活可靠嗎？聽聲音真的可以分辨嗎？敲的部位會不會有影響呢？為了驗證人們說的對不對，我們展開了文蛤敲擊研究。

實驗過程中，有時文蛤二、三天就壞掉、發臭，有時好幾天也沒死掉，如果文蛤沒保存好，不但一直花錢，也很難完成我們的實驗研究，文蛤保存是令人頭痛的問題。賣文蛤的阿姨說：不放水、放冰箱可以保存得比較久。可是文蛤沒水不會死嗎？我們針對保存方法來進行研究，希望找出可以了解保存條件不同對文蛤保存的影響。

貳、研究目的

- 一、認識文蛤的外型、構造及功能
- 二、探討敲擊文蛤不同部位的聲音差異及在保存過程中聲音的變化
- 三、研究文蛤出入水管的出水、入水、噴水行為
- 四、研究不同的環境條件對文蛤保存過程的影響

參、研究設備及器材

一、材料：

鹽、自來水、紅色素、藍色素、已經吐沙的文蛤

二、設備和儀器：

(一)放文蛤的器皿：培養皿、長方形塑膠桶、塑膠隔板

(二)測量文蛤大小及重量：電子秤、游標尺

(三)觀察文蛤出入水行為：保麗龍球、鑷子、滴管、量角器

(四)攝影及錄音設備：碼表、DV 攝影機、縮時攝影機、腳架、電腦及麥克風

(五)錄音及分析軟體：AudacityPortable、Praat

(六)其他：溫度計、量杯、燒杯、滴管、砝碼、紙黏土、寶特瓶蓋、小抹布

肆、研究過程與結果

一、認識文蛤的外型、構造及功能

(一)閱讀文獻資料，了解文蛤的生長環境，實際觀察文蛤的外觀及內部構造：

1. 生長環境及食物：台灣以魚塢養殖，以海水加入淡水調整鹽度。食物有浮游藻類、水溶性物質、懸浮顆粒，可用牛奶、優酪乳等代替飼料。
2. 外型及身體構造：文蛤屬於軟體動物雙殼綱，兩片堅硬的外殼略呈三角形，殼面有環狀生長線。前端較鈍圓，後端稍尖。兩殼絞合處是背面，分離的一面是為腹面。文蛤左、右殼區分方法如下圖 1。內部是柔軟的組織，包含鰓、肌肉、內臟、出水管、入水管等構造，它的頭部已退化消失。
3. 運動：藉由斧足在地表活動，或利用斧足迅速潛沙。
4. 出入水行為：文蛤用入水管吸取水流進入體內，過濾水流中的浮游藻類後，消化道吸收營養，鰓吸收水中的氧，消化後的殘渣及二氧化碳溶於水中，由出水管排出體外。
5. 雙殼開合：文蛤閉殼肌收縮時，雙殼閉合；當閉殼肌放鬆、韌帶收縮時，雙殼打開。

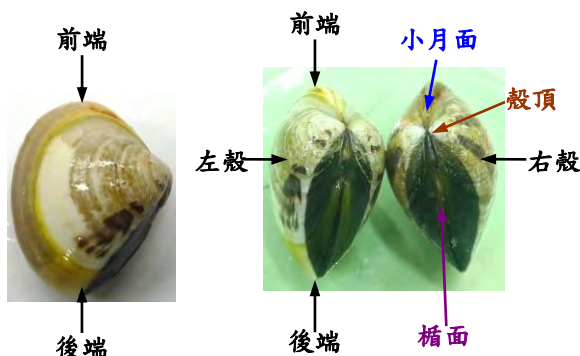


圖 1：文蛤外觀以及殼的各個部位



圖 2：文蛤的斧足及出入水管

(二)實際測量文蛤大小及重量，了解文蛤體型大小及重量關係：

1.步驟：

- (1)將文蛤放入裝 1.75%鹽水的塑膠桶中。
- (2)用電子秤測量每一隻文蛤的重量。
- (3)用游標尺測量每一隻文蛤的殼高、殼長與殼寬。

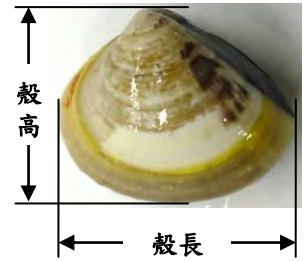


圖 3：文蛤的殼高與殼長

2.測量結果與分析：

- (1)統計 43 隻文蛤的殼寬、高、長與重量(見表 1，詳見附錄二)，發現文蛤體型大小和重量有規律。

表 1：文蛤的大小與重量分析表

項目	殼寬(cm)	殼高(cm)	殼長(cm)	重量(g)	殼寬/殼高	殼寬/殼長	殼高/殼長	重量/殼寬	重量/殼高	重量/殼長
平均	1.88	2.96	3.61	14.75	0.6	0.5	0.8	7.8	4.9	4.0
範圍	1.30~2.36	2.30~3.30	2.85~4.00	9.52~21.97	0.5~0.9	0.4~0.6	0.6~0.9	5.8~11.1	3.8~6.7	3.2~5.5

- (2)殼寬與殼高平均比值大約是 0.6，接近 3：5 的比例，個別差異比較大。
殼寬與殼長平均比值大約是 0.5，接近 1：2 的比例，個別差異沒那麼大。
殼高與殼長平均比值大約是 0.8，接近 4：5 的比例，有個別差異。
- (3)文蛤重量大約是殼寬的 6~11 倍，大約是殼高的 4~7 倍，是殼長的 3~6 倍。
- (4)我們買的文蛤重量在 9 ~22g 之間，分布範圍大。為了研究方便，我們根據分析結果將文蛤分為大型及中小型二類。體型大的重量大約在 15~22 g 之間，殼寬約 2cm 以上、殼高約 3cm 以上、殼長約 3.8cm 以上。中小型文蛤體重大約在 9~15 g 之間。
- (5)殼越大通常文蛤也比較重，也有少數文蛤殼雖然大一些，體重卻比較輕一些。也有少數文蛤殼的大小一樣，體重卻差了 1~2 公克。可見得雖然殼大通常體重也大，但是還是會有個別差異。

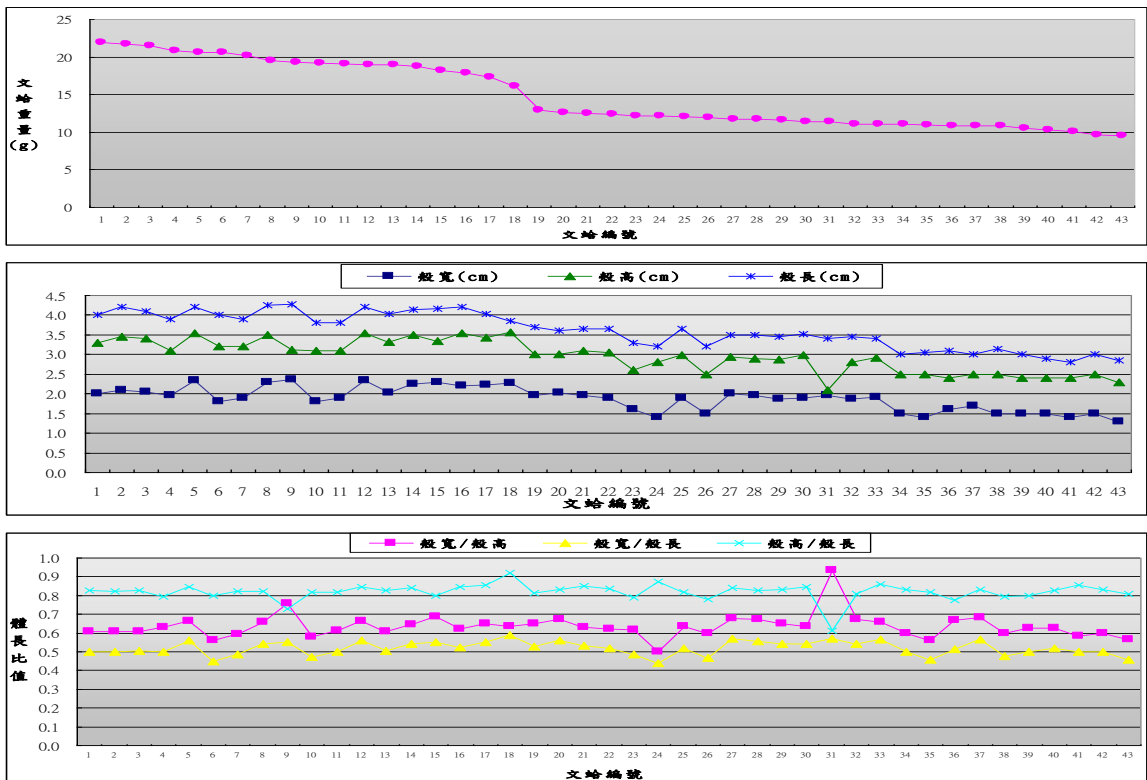


圖 4：文蛤的重量、體長及比例圖

(三)文蛤舉重實驗：探討文蛤在重壓下可以對抗重物使雙殼打開的力量

文蛤潛沙時，不靠外力就可以鑽進沙中，在地底下仍然可以打開雙殼伸出水管。當文蛤堆疊被壓在底層時，也能夠開殼伸出斧足與出入水管。我們很好奇文蛤到底有多大的力量、可以舉起多少重量的重物。

1. 實驗步驟：

(1)購買大型及中小型文蛤各數隻來進行實驗。

(2)把文蛤放在寶特瓶蓋上，放入培養皿，再倒入鹽水，讓鹽水水位高於殼縫。



圖 5：將文蛤放在寶特瓶蓋上，鹽水淹過殼縫

(3)將紙黏土捏成 5g 的黏土球，搭配 5g~200g 的砝碼，組合出各種不同重量的重物。



圖 6：將黏土捏成 5g 的黏土球



圖 7：用黏土球及砝碼組合出各種重量的重物團



圖 8：150g 的重物，可以用 6 團 5g 的黏土球、2 個 50g 砝碼、1 個 20g 砝碼，組合出重物團

(4)將重物放在文蛤殼上，觀察文蛤在不同重量下雙殼的開合情形：

A.如果文蛤在重物壓著時可以打開雙殼超過 10 秒，記錄可以舉起這個重量。

B.當文蛤沒有打開雙殼時，先把重物移開，再觀察文蛤，如果在移開重物後又能打開雙殼，重物放回時殼就閉起來，重覆 2~3 次都相同，則判斷舉不起這個重量。

C.當文蛤沒有打開雙殼時，把重物移開後，文蛤還是沒有打開雙殼，可能文蛤在休息、進入閉殼期，就等一段時間，等文蛤再次打開雙殼才繼續進行實驗。



圖 9：將重物放在文蛤殼上，文蛤雙殼打開超過 10 秒，記錄可以舉起這個重量。

(5)比較不同體型文蛤舉起的重物重量差異。

(6)用游標尺測量殼打開的寬度，比較文蛤正面或反面朝上時舉重情形是否有差異。

(正面、反面輪流做，前一級重量先做正面再做反面，接著下一級重量就先做反面再做正面)

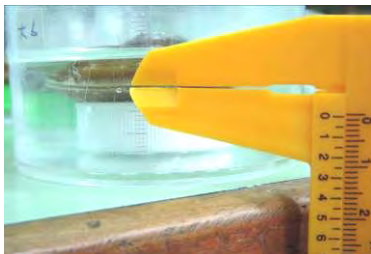


圖 10：文蛤雙殼打開時，用游標尺測量殼縫打開的寬度。(圖中殼縫打開大約 0.4mm)

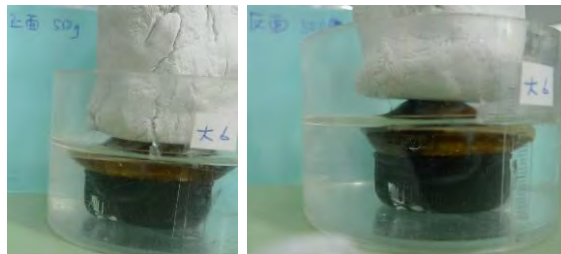


圖 11：分別實驗文蛤正面朝上、反面朝上的舉重情形



圖 12：要做比較重的重量時，以垂直增加整團重物為原則，以免重物倒下來。

2. 實驗結果：

- (1)大型文蛤可以舉起的重物比中小型文蛤重，但是文蛤可以舉起的重量也有個別差異。
- (2)將舉起的重物與文蛤體重相比，大約是十幾倍到三十倍之間。文蛤只有一、二十公克重，卻可舉起自己體重這麼多倍重的重物，力量實在很大。
- (3)當文蛤殼上放的重物越重時，通常雙殼打開的寬度較小。
- (4)文蛤正面或反面朝上時，雙殼打開的大小也會有不同。觀測到的結果顯示：大部分是正面朝上時文蛤雙殼打開的寬度比反面時大，甚至有比反面多 2mm 的。大文蛤正、反面殼開的寬度差比小文蛤大。
- (5)文蛤可以舉起的重物重量，和文蛤的活力有關。

表 2：文蛤體型大小不同舉起重物重量比較表

文蛤編號	大文蛤 1	大文蛤 2	大文蛤 3	大文蛤 4	小文蛤 1	小文蛤 2	小文蛤 3	小文蛤 4
殼高(cm)	3.550	3.550	3.500	3.500	3.050	3.100	2.950	3.000
殼寬(cm)	2.350	2.350	2.250	2.300	1.900	1.950	2.000	1.950
殼長(cm)	4.200	4.200	4.150	4.250	3.650	3.650	3.500	3.700
體重(g)	19.005	20.595	18.755	19.470	12.370	12.460	11.755	12.975
可舉起重物量(g)	530	500	475	355	200	355	360	310
舉起重量與體重比	28.3	24.3	25.3	18.2	16.2	28.5	30.6	23.9

表 3：文蛤正面朝上、反面朝上時，舉起重物重量記錄表

文蛤編號	甲		乙		丙		丁		戊		己	
殼高	3.450	3.450	3.440	3.440	3.110	3.110	3.550	3.550	2.900	2.900	2.880	2.880
殼寬	2.100	2.100	2.230	2.230	2.360	2.360	2.200	2.200	1.950	1.950	1.870	1.870
殼長	4.200	4.200	4.030	4.030	4.270	4.270	4.200	4.200	3.410	3.410	3.460	3.460
重量	21.760	21.760	17.304	17.304	19.350	19.350	17.895	17.895	11.375	11.375	11.610	11.610
正/反面朝上	正面	反面	正面	反面	正面	反面	正面	反面	正面	反面	正面	反面
舉起重量(g)	525	525	325	325	600	600	550	550	175	175	150	175
舉起體重倍數	24.1	24.1	18.8	18.8	31.0	31.0	30.7	30.7	15.4	15.4	12.9	15.1
50	(1) 1.55mm	(2) 1.55mm	(1) 1.5mm	(2) 1mm					11:25 2.1mm	11:27 1.4mm	11:05 0.7mm	11:00 0.6mm
100	(1) 1.5mm	(2) 1mm	(2) 1mm	(1) 1mm			10:47 2mm	10:48 1.5mm				
125									11:24 1mm	11:25 1.1mm?		
150	(2) 1mm	(1) 1mm	(2) 1mm	(1) 1mm					11:50 1.7mm	11:51 1.5mm	11:24 1.2mm	11:25 1mm
175									12:00 1.7mm	12:01 0.4mm	11:56-59 閉合	11:32 1.1mm
200	12:18 1mm	12:20 0.5mm	(1) 1mm	(2) 0.5mm			10:58 1.2mm	10:49 1mm				
250	(2) 1.5mm	(1) 0.5mm	(2) 1mm	(1) 0.5mm	10:38 2.5mm	10:40 2mm						
300			11:01 2.2mm	10:58 1.4mm	10:43 2mm	10:42 2mm						
350					10:54 3mm	10:55 2mm						
400					11:21 3mm	11:07 2.3mm						
500	11:37 1.9mm				11:30 2mm	11:31 1.4mm						
550					11:49 1.8mm	11:47 1.4mm	11:55 0.4mm	11:57 0.3mm				
600					12:06 1.3mm	12:08 0.9mm						
說明	同一重量級分別進行正面、反面的舉重實驗，其中:(1)表示先做的一面，(2)表示後做的一面。											

二、探討敲擊文蛤不同部位的聲音差異及文蛤在保存過程中敲擊聲音的變化

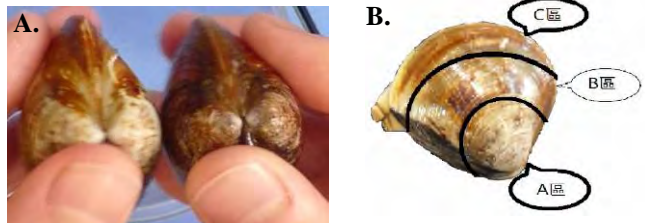
有些人在買文蛤時會用互敲的方式分辨文蛤的死活，我們不確定這是否真能分辨文蛤死活，敲殼面不同地方聲音是否也相同，所以我們以左右殼的不同部位互敲，並錄下聲音，加以分析。

(一)實驗步驟：

1.將文蛤分別放入甲、乙培養皿中，各倒入 40 毫升的鹽水（蓋過殼縫）。

2.左手拿甲文蛤，右手拿乙文蛤，乙文蛤固定，以甲文蛤去敲乙文蛤：

(1)殼面分三區（如右圖），殼紋合處到第一條最明顯的生長紋為 A 區；第一到第二條最明顯的生長紋之間為 B 區；第二條到殼緣為 C 區。



(2)先以甲文蛤左殼分別敲乙文蛤左殼及右殼的 A、B、C 部分，每次穩定敲 10 下，每一下大約間隔 1 秒。

圖 13：甲、乙兩顆文蛤以不同殼面的不同部位互相敲擊。
A:左手拿甲文蛤右殼 B 區敲擊乙文蛤左殼 B 區。
B:將文蛤的殼面分為 A、B、C 三區。

(3)同步錄製文蛤敲擊聲。

(4)改以甲文蛤的右殼，敲擊乙文蛤，重複步驟 3~4。

3.每天敲文蛤直到死亡後再敲一次為止。

4.以 Praat 軟體分析聲音檔，

比較不同殼面、區域的聲音差異。

(1)利用 Pratt 軟體畫出各個聲音檔的頻譜圖。

(2)利用頻譜圖的頻率和信噪比來比較聲音。

先找出各個頻譜圖波峰出現次數最多的幾個頻率(2500Hz、3500Hz、5000Hz、7500Hz)，再找出頻譜圖中這幾個頻率相對的信噪比值，再加以分析比較。(方法請見附錄一)



圖 14：錄下敲擊文蛤的聲音

(二)實驗結果：

1.文蛤的不同部位敲擊的聲音並不相同。

(1)A 處敲 A 處，聲音高亢，是輕脆的扣扣聲，用 A 去敲 B、C 處，聲音略低。

(2)C 處與 B 或 C 處敲擊 C 處都會出現低沉的噠噠聲。

(3)B 處敲 B 處，在文蛤活著時候，聲音高亢輕脆，在死時是空虛的啵啵聲。

(4)文蛤的左右殼敲擊聲音聽起來有些微的差異。

2.敲擊方法會影響敲擊的聲音，同樣的殼面、位置，聲音也可能有些差異。

3.互相文蛤敲擊 B 處，活著時聲音輕脆，頻譜圖在低頻區信噪比比較小，死亡時聲音低、悶，頻譜圖在低頻區信噪比明顯變大。由圖 15、16 可以發現文蛤死亡時低頻區聲音變大，高頻區聲音變小，而且死文蛤沒有比 13265HZ 更高頻的聲音，新鮮文蛤在人類可以聽見的 20000HZ 範圍內，都有聲音。



圖 15：敲新鮮文蛤 B 區的頻譜圖

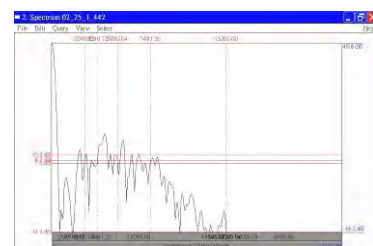


圖 16：敲死亡文蛤 B 區的頻譜圖

三、研究文蛤出入水管的出水及入水行為

文獻資料介紹文蛤「入水管入水、出水管出水」，我們觀察發現入水管也有噴水行為，有時出入水管有同時噴水的情形。因為水是透明無色的，為了確認我們沒有看錯，我們利用其他物品來幫助我們觀察出入水管的出水或入水行為。除了現場觀察並記錄以外，另外利用攝影機錄影，重覆確認我們觀察到的行為。

【初步觀察文蛤出入水管的出水及入水行為】

(一) 實驗步驟

1. 挑出六隻活躍的文蛤並編號 1~6 號。
2. 觀察並記錄文蛤的出水、入水現象。

(二) 觀察結果

1. 入水管也有噴水行為，也看到出入水管同時噴水，在容器上留下 2 條水痕。
2. 在 40 分鐘內 1~5 號文蛤只有幾次入水管噴水的現象，6 號卻同時有噴水及入水的情形，次數也較頻繁。
3. 比較後發現 1~5 號文蛤都是正面朝上，6 號文蛤是反面朝上。

表 4：文蛤出水及入水記錄表

文蛤編號	1 (正面朝上)	2 (正面朝上)	3 (正面朝上)	4 (正面朝上)	5 (正面朝上)	6 (反面朝上)
時間 (分'秒")	11' 50"	4' 55"	0' 13"	7' 21"	9' 40"	5' 50"
現象描述	入水管噴水	入水管噴水	入水管噴水	入水管噴水	入水管噴水	入水管噴水
	32' 13" 入水管噴水	32' 03" 入水管噴水	15' 05" 入水管噴水	9' 53" 入水管噴水	16' 23" 入水管噴水	12' 59" 出入水管噴水
	33' 32" 入水管噴水		35' 28" 入水管噴水	11' 39" 入水管噴水	45' 00" 入水管噴水	16' 40" 出入水管噴水
				46' 00" 入水管噴水		20' 37" 入水管噴水
						21' 12" 出入水管噴水
						33' 06" 出入水管噴水
						38' 29" 入水管入水
						39' 45" 入水管入水
					41' 26" 入水管噴水	

【利用小保麗龍球觀察文蛤出入水管的出水及入水行為】

(一) 實驗步驟

1. 用滴管對小保麗龍噴水，模擬文蛤噴水行為：

- (1) 將量角器放置在培養皿下方，使量角器的圓心在培養皿中間位置。
- (2) 將 30 毫升鹽水倒入培養皿內。
- (3) 滴管吸入 1 毫升鹽水，將滴管口對齊量角器 0 度線，用手指輕壓滴管(如右圖)，使滴管管口在入水後與水面平行，模擬文蛤的出入水管。
- (4) 用鑷子夾兩個大小相似的保麗龍球，放在滴管管口的前方(如右圖)。
- (5) 輕壓滴管使水噴出，模擬文蛤水管噴水行為，觀察保麗龍球移動路徑，並用攝影機錄下過程。
- (6) 重覆進行三次模擬噴水行為。
- (7) 挑選兩支相同的滴管，用橡皮筋綁起來使其管口緊靠，模擬文蛤的出水管和入水管(如右圖)。
- (8) 將兩顆保麗龍球用鑷子調整到滴管口前。
- (9) 擠壓右邊滴管使水噴出，模擬文蛤的水管噴水行為，觀察並攝錄保麗龍球移動情形。重覆進行三次模擬噴水行為後，改為擠壓左邊滴管，重覆三次。



圖 17：先以一隻滴管模擬文蛤噴水，觀察保麗龍球移動情形



圖 18：以 2 隻滴管模擬文蛤噴水，觀察保麗龍球移動情形

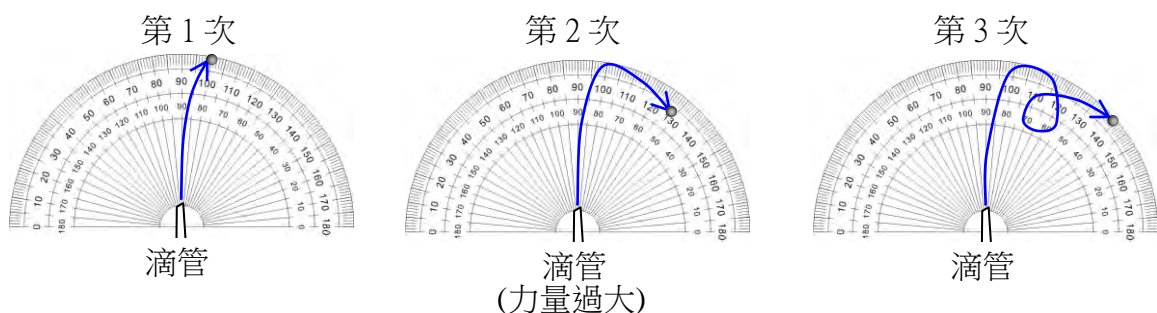
2. 利用保麗龍球來觀察文蛤的噴水行為：

- (1) 挑選 6 隻重量介於 12-15 公克的中型活躍文蛤，編號 1-6。
- (2) 將量角器分別放在六組培養皿下方。
- (3) 將文蛤放入培養皿，倒入 30 毫升鹽水，輕輕調整文蛤使其出入水管口在 0 度線上，出入水管口中央對準圓心。
- (4) 將保麗龍球分別放到每隻文蛤的出水管和入水管口前方。當保麗龍球因文蛤出入水行為而飄至他處，用鑷子夾回文蛤的出入水管口前。
- (5) 連續觀察 30 分鐘，觀察文蛤的出入水情形。

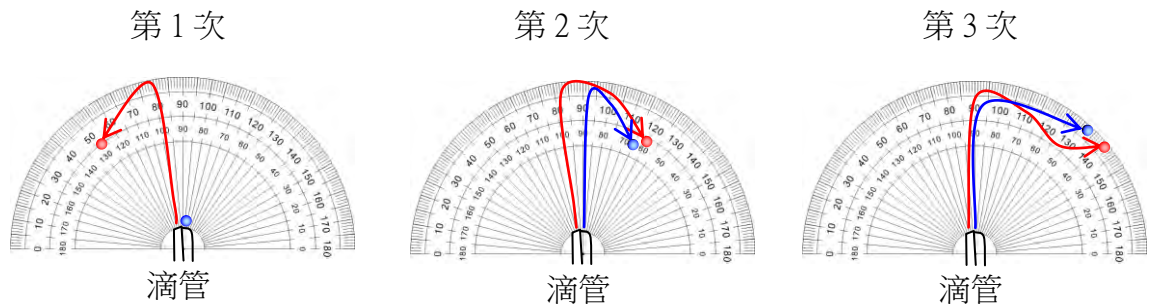
(二) 實驗記錄

1. 利用滴管模擬噴水對保麗龍球移動路徑的影響

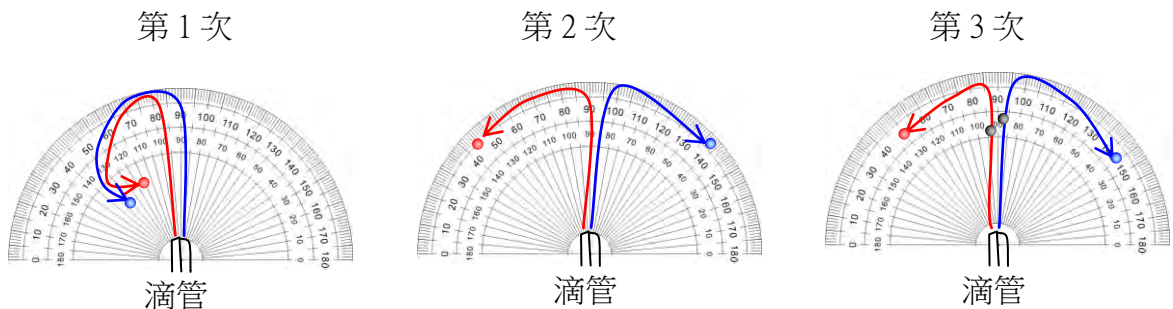
(1) 單隻滴管模擬噴水對 1 顆保麗龍球移動路徑的影響



(2) 兩隻滴管模擬左側噴水對兩顆保麗龍球移動路徑的影響



(3) 兩隻滴管模擬右側噴水對兩顆保麗龍球移動路徑的影響



2. 實驗發現：

- (1) 利用滴管模擬文蛤噴水實驗中，根據保麗龍球的移動情形，大多可以辨認出是哪一隻滴管在噴水。
- (2) 以文蛤實際觀察噴水對保麗龍球影響時，有時在一顆球被噴出後，帶動另一顆球，使我們無法精準的辨認出到底是出水管還是入水管噴水。

【利用色素觀察文蛤出入水管的出水及入水行為】

(一) 實驗步驟：

1. 將文蛤放入鹽水中，讓文蛤適應。
2. 以食用藍色色素、紅色色素調配成實驗用紅色、藍色色素水，調整色素水濃度使其滴在水中能看得清楚。
3. 培養皿中裝 40ml 鹽水，用滴管吸取色素水，練習在鹽水中滴出不會快速擴散的色塊。
4. 挑 1 隻有伸出出入水管的文蛤，反面朝上，放在培養皿中，並倒入 40 毫升鹽水。
5. 以色素水來觀察文蛤的出入水行為：
 - (1) 等文蛤伸出出入水管後，在文蛤的入水管前方滴藍色色素水，在出水管前方滴紅色色素水（如圖），利用色素水的流動情形判斷出入水管是否有出水或入水行為。
 - (2) 當色素水量開時，就再滴一次色素水。
 - (3) 當水變混濁而無法看清色素的動向時，就用相同濃度的鹽水換水。

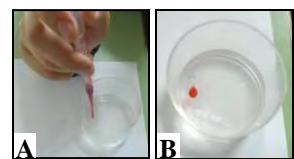


圖 19: 練習在鹽水中滴出不易擴散的色塊

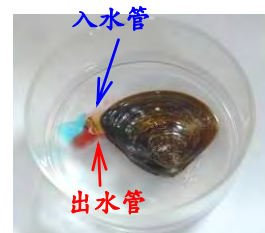


圖 20: 在出水管前方滴紅色色素水，在入水管前方滴藍色色素水。

(4) 連續觀察 30 分鐘，記下水管、入水管的出水或入水行為。

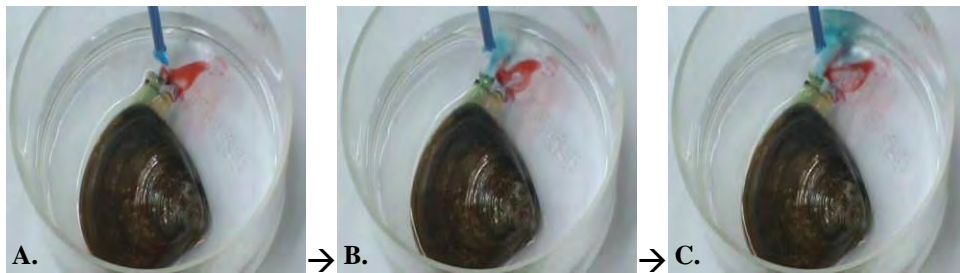
6. 將文蛤換到乾淨鹽水中，改成正面朝上，重複步驟 6。

(二) 實驗結果：

1. 我們觀察到出入水管的水進出情形可以分成三種(見表 5)：

表 5：文蛤水管的進出水種類

水進出情形	說明	觀察到的現象	出現部位
入水	將水緩慢吸入管中	沒有明顯的水柱，但是可以看到色素水會流動，色素會變少、變淡。	入水管
出水	將水緩慢排出來	沒有明顯的水柱，但是可以看到色素水會流動、被水沖散。	出水管
噴水	迅速將水噴出來	會出現明顯的水柱。 出入水管管口先收縮，再將水噴射出來。 色素水會被快速沖出一條水路來。	入水管 出水管



A: 在出水管前方滴下藍色色素水。
B: 滴完色素水後，正好入水管噴水。
C: 出水管噴出來的水很快的就將藍色色素水噴出去，但是紅色素水並沒有明顯的變化。

圖 21：在入水管前方滴下藍色色素水時，正好入水管噴水，很快的就將藍色色素水噴出去，但是紅色素水並沒有明顯的變化。

2. 入水管不只會入水，也會噴水，沒有出水行為。

出水管只有出水或噴水行為，沒有入水行為。

3. 文蛤正面朝上（左殼朝上）、反面朝上（右殼朝上）出入水情形不同：

(1) 正面朝上時，入水管以入水行為較多，出水管以出水行為較多，持續出水次數多。

(2) 反面朝上時，入水管、出水管都是噴水行為較多。

出入水管同時噴水的情形也比正面朝上多。

4. 出入水管有時幾乎是一起噴水。先看到入水管管口收縮，接著出水管管口收縮並噴水，緊接著入水管也噴水。由於相隔時間非常短，完成噴水時間大約 1 秒，以 10% 的慢速播影片才能分辨，只用肉眼來看，幾乎會看成是同時間噴水。

表 6：正面、反面各 30 分鐘出入水統計

方式		正面朝上	反面朝上
入水管	入水	21	10
	出水	0	0
	噴水	7 (2 次為出入水管同時噴水)	20 (5 次為出入水管同時噴水)
出水管	入水	0	0
	出水	20 (有 10 次持續超過 10 秒)	5
	噴水	2 (2 次都是出入水管同時噴水)	11 (5 次為出入水管同時噴水)

(詳細記錄請見附錄三)

四、研究不同的環境條件對文蛤生命現象的影響

文獻中說文蛤死後蛤肉會縮小，針對這一個說法，我們設計了測量文蛤重量的步驟來驗證。我們訪問了賣文蛤的老闆、學校的老師，雖然大家都放冰箱，但有人說文蛤要全乾，有人說要加蓋溼抹布，有人是泡水順便吐沙，所以我們也設計了不同的環境，每隔兩三天觀察一次，了解文蛤在不同保存條件時，生命現象的變化。

(一)實驗步驟：

1. 將文蛤分組(見表 7)，每一組 2~3 隻，編號為 1~3，其中分組 1 號為大型，2、3 號為中小型。例如：低溫鹽水換水組編號為 B3-1、B3-2、B3-3。
2. 每一隻文蛤個別放一個培養皿，以免先壞掉的文蛤影響其他文蛤。

表 7：不同保存條件的組別編號

是否加水、 換水 作法	A 乾燥不加水		B 鹽水		C 自來水	
	全乾	蓋溼布	換水	不換水	換水	不換水
溫度條件	全乾	文蛤上面蓋一條溼毛巾	每次換 40ml 鹽水	40ml 鹽水都不換水	每次換 40ml 自來水	40ml 自來水都不換水
常溫組 (室內桌上)	A1	A2	B1	B2	C1	C2
低溫組 (冰箱冷藏室)	A3	A4	B3	B4	C3	C4

3. 定期觀察不同保存方式文蛤的變化並記錄：

- (1) 冷藏組文蛤離開冰箱時，用保麗龍盒裝冰塊及水，再將培養皿放入盒中，減少文蛤曝露在常溫下的機會。
- (2) 測量文蛤重量。
- (3) 觀察文蛤雙殼有無張開、有無臭味或其他現象。
- (4) 用新鮮文蛤敲實驗文蛤，比較是否有變低。如果文蛤的殼一直開著或有夾到斧足、出入水管的情形則不敲。



圖 22：將文蛤放在冰水中。(右圖：冰水維持在 2~4℃)

(二)實驗結果：

1. 低溫組比常溫組有利保存：低溫組文蛤保存情形比較好，除被凍死的之外，幾天後死亡率低，而常溫組在幾天中死亡率高、臭味重。

表 8-1：第一次實驗常溫組文蛤在不同保存方式下的觀察記錄

保存 方式	A 無水				B 鹽水				C 自來水				
	A1 全乾		A2 加溼布		B1 換水		B2 不換水		C1 換水		C2 不換水		
第三天	殼開閉	閉	閉	閉	閉	閉	0.5mm	1mm	閉	閉	閉	閉	
	聞臭味	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	
	敲聲音	悶音	悶音	虛音	低悶音	略低音	略低音	明顯略低	微悶音	微微悶音	微低音	微低音	
	其他	體液流出	體液流出	桶面不黏殼縫黏	桶面不黏殼縫黏	殼縫、左殼乾	桶面黏、殼縫乾	水著薄便很多	水著薄	左殼乾	左殼乾	左殼乾	左殼乾
第五天	殼開閉	閉	5mm	1mm	閉	閉	3.2cm	閉	閉	閉	細縫	1mm	3mm
	聞臭味	無臭	臭	悶臭味	悶臭味	很臭	很臭	很臭	很臭	No	No	No	一點臭
	敲聲音	有點悶	低悶	有點悶	有點悶	低悶	低悶	低悶	低悶	悶	低悶	低悶	低悶
	其他	體液已乾	內黑色，水管溼水			水黃色混濁	肉乾爛、水黃色混濁	水混濁、膠不閉回	水管微伸縮不回、水混濁	水清澈	水清澈	水清澈	水略黃

表 8-2：第一次實驗低溫組文蛤在不同保存方式下的觀察記錄

保存 方式	A 無水				B 鹽水				C 自來水				
	A3 全乾		A4 加溼布		B3 換水		B4 不換水		C3 換水		C4 不換水		
第三天	殼開閉	閉	閉	閉	1.5mm 敲時閉回	1mm 輕壓閉回	2mm	2mm	1mm 敲時閉起	6mm 壓不閉回	1mm 雙殼搖動	閉	1mm 摸時閉回
	聞臭味	微臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭	不臭
	敲聲音	微低	清脆	很悶	清脆	一點悶	清脆	清脆	清脆	清脆	低沉	清脆	空悶音
	其他			溢出一點體液	活，有滲出體液	殼時噴水	水管縮回、活的	斧足水管會縮回後又伸活的	活、桶面與殼縫黏	外套膜裂	管吸不回且浮腫、殼易撥開		水管黏黏的
第五天	殼開閉	閉	閉	閉	3mm，閉回	1mm	2mm	閉	2mm	6mm	2mm	閉	閉
	聞臭味	無明顯臭味	無明顯臭味	無明顯臭味	無明顯臭味	無明顯臭味	無明顯臭味	無明顯臭味	無明顯臭味	無明顯臭味	無明顯臭味	無明顯臭味	無明顯臭味
	敲聲音	尖銳	較低的脆音	悶		很悶	悶	悶	悶		悶	較低的脆音	較低的脆音
	其他						水管與斧足縮不回			蛤肉縮小	管浮腫收不回、殼易撥開		

2. 無水組文蛤體重逐漸減輕，並且可以在培養皿裡看到滲出和蛤肉同色的體液，甚至可以到 2ml，剛開始體液沒有臭味，後來慢慢出現臭味。
- 鹽水組及自來水一開始體重是逐漸增加，但是後來變不新鮮時也變輕。



圖 23：以滴管吸取文蛤滲出的不透明體液，顏色與文蛤蛤肉相似。

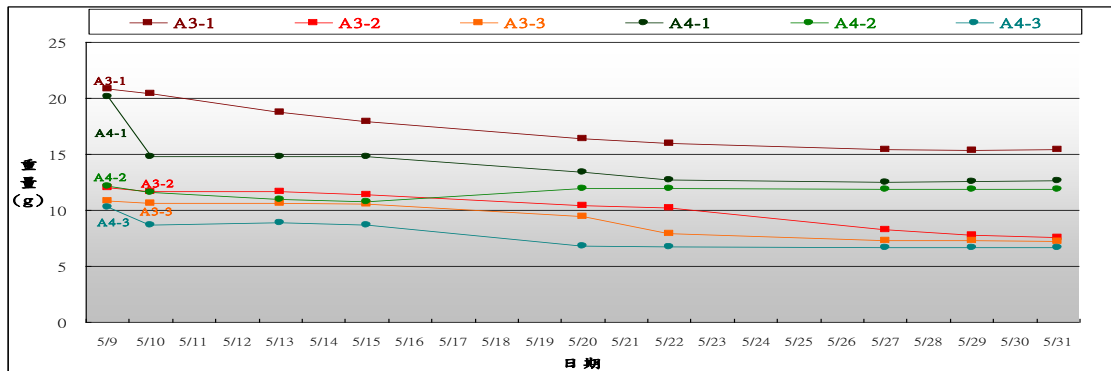


圖 24：無水組文蛤重量變化圖

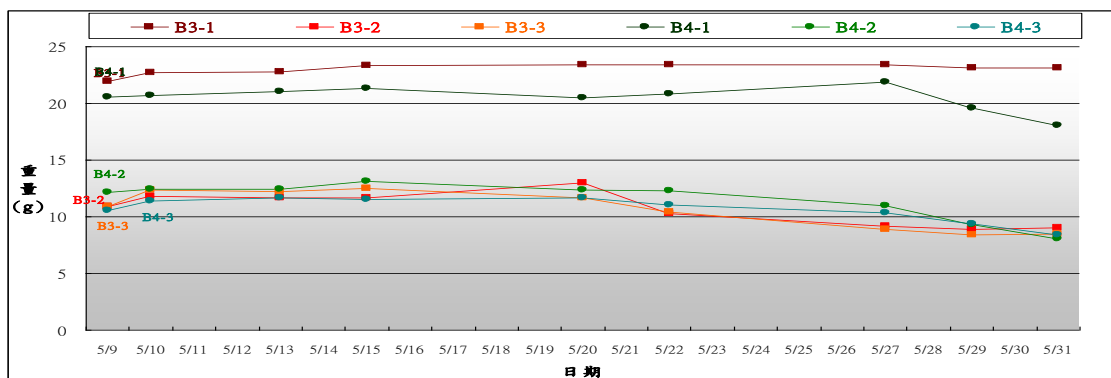


圖 25：鹽水組文蛤重量變化圖

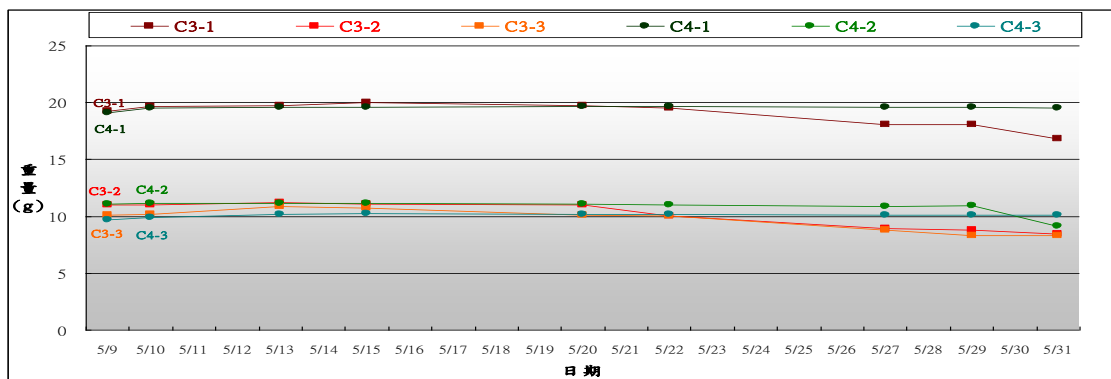


圖 26：自來水組文蛤重量變化圖

3. 無水組中，全乾組文蛤比抹布組晚出現悶音及臭味。(見附錄四)
4. 不論鹽水組、自來水組，不換水的文蛤都較換水組晚出現臭味及低音，但是自來水或鹽水對於文蛤保存沒有明顯差異。
5. 有些文蛤有不斷重複開殼、閉殼的行為，A3-1、A4-1、A4-3、B4-1 都有此現象發生，而且過幾天後文蛤就死了。
6. B3 鹽水換水組的文蛤在生命末期有水管及斧足軟癱、呈半透明的現象，有的連水管都被泡到破爛，還有水管泡到長水泡的。



圖 27：鹽水組文蛤水管出現水泡

伍、討論

- 一、觀察文蛤外形和測量大小、重量時，起初只注意殼高、殼長，發現殼高、殼長差不多的文蛤重量也有很大的差異。後來同時測量殼高、殼長與殼寬，發現的確有些文蛤在殼寬有很大的差異，也會影響文蛤重量。在採買文蛤時，要同時注意殼高、殼長和殼寬。
- 二、雖然文蛤能舉起的重量與自身的大小有關，不過，和自身體重比較，大概都是自己體重的二、三十倍。我們不用擔心文蛤在層層的堆疊下，無法打開雙殼伸出斧足或水管，也不用擔心文蛤被壓死。
- 三、敲擊文蛤時，雖然聽起來聲音在左右殼面沒有太大的差別，分析頻譜圖會發現似乎會有些差異。我們發現有些文蛤在其中一個殼面某一個生長紋的地方有凹凸不平整的地方，另一個殼面卻沒有，可能文蛤的殼面左右不同而造成聲音的差異。

四、文蛤的敲擊方式不同、部位不同，敲擊的聲音並不相同。

(一)(圖 13)A 區是殼絞合的一端，並沒有蛤肉，所以 A 區互敲很難聽出文蛤的死活。

B 區對應到蛤肉的位置，在文蛤死時很明顯出現變化。除了閉殼肌鬆弛造成聲音變低，應該也和文蛤死時蛤肉縮小有關。C 與 B 區敲擊，或 C 敲擊 C 區都出現低沉的噠噠聲，雖然在文蛤死時有些差異，但 C 區特有的噠噠聲，混雜著 B 區低悶聲，不容易分清楚是殼本身的聲音，還是蛤肉變化產生的低音。

(二)同樣的文蛤、部位互敲十次，經過分析頻譜圖，發現它們也有差異。我們注意到在敲擊時，有時手會不小心斜向敲擊，使得聲音聽起來有些微不同。所以在採買文蛤時，應該多敲幾下，才能較正確的判斷死活。

五、出水管和入水管的水流方向：

(一)一開始只看到噴水現象，沒看到文蛤吸水，原因應該是水是透明無色的，在文蛤迅速噴水時造成水柱比較容易觀察，緩慢吸水或排水就不容易發現。

(二)用保麗龍球觀察出入水行為時，保麗龍球太輕容易受水波影響；而色素只要滴得好，不會輕易擴散，可以幫助我們清楚判斷水的流向。

(三)只用一種色素，有時一大片不容易判斷，改成出、入水管使用不同顏色，對於判斷到底是出水管或入水管在出水、入水很有幫助。

(四)實驗發現文蛤的入水管不只會入水，也會噴水，和原先想的「入水管只會入水、出水管只會出水」不同。後來請教專家，知道文蛤在正常情形下是「出水管出水、入水管入水」，但是特殊的情況下，例如：受到驚嚇時急著閉殼、吸入的水含有雜質(沙粒)或不能消化的水時，進入的水會由入水管快速擠出(噴出)。

我們又去查了資料，發現原來水管是由外套膜癒合產生的，觀察文蛤構造也可以發現他們確實是一體成型。

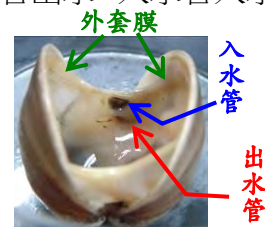


圖 28：出入水管與外套膜一體成型。

六、觀察中發現文蛤反面朝上時，似乎想用斧足自己翻回正面。文蛤反面時入水管噴水次數特別多，而在舉重實驗中，也發現反面朝上時雙殼打開寬度也比正面小。看起來文蛤的正、反面朝上似乎對文蛤有影響。未來可以在正反面的差異上繼續深入研究了解原因。

- 七、文蛤在死亡之前，似乎有一段時間會出現不斷重覆「緩慢張開雙殼→保持開殼→迅速閉合」的情形，而且隨著時間更久，開閉的循環時間也不同，幾天後就發現文蛤死了，是否和文蛤即將死亡有關，是可以再深入探討的地方。
- 八、無水組中以全乾較有利文蛤保存，傳說中的要加蓋溼抹布的方式，看起來並不會比較好。
- 九、文獻中說文蛤死後蛤肉會縮小，因此我們針對這一個說法設計了測量文蛤重量來驗證。結果發現文蛤在逐步邁向死亡的過程中，體重確實會逐漸減輕，尤其無水組最明顯。我們發現無水組文蛤會流出體液，我們推測這可能和他體重減輕有關，而抹布組可以明顯感覺抹布變重，應該是吸收了文蛤體液。未來在實驗前可以先測量溼抹布的重量，就可以確認抹布吸收了文蛤多少體液。
- 十、文蛤被拿出冰箱後，放在裝了冰塊和水的盒子中，培養皿內有水的文蛤較容易維持低溫(10℃以下)，無水組因為空氣比熱小，容易受空氣對流傳熱影響，不容易長期維持低溫，這可能是導致無水組比較快死亡的原因。當我們發現這個影響時，試著一次只拿 3 個培養皿，並且將牠們埋在冰塊水中，結果發現文蛤溫度較之前低，蓋文蛤的溼抹布也可以維持較低的溫度。

陸、結論

- 一、文蛤的殼高、殼長與重量間具有規律性。
 - 殼寬：殼長接近 1：2，個別差異沒那麼大。
 - 殼寬：殼高接近 3：5，個別差異大。
 - 殼高：殼長接近 4：5，個別差異稍微大一些。文蛤重量大約是殼寬的 6~11 倍，大約是殼高的 4~7 倍，是殼長的 3~6 倍。
殼大的文蛤通常比較重，但是還是會有個別差異。
- 二、文蛤打開雙殼舉起的重物與文蛤體重相比，大約是十幾倍到三十倍之間。
正面朝上(左殼朝上)可以打開的殼縫，比反面朝上時更大。
- 三、敲擊文蛤不同殼面、不同部位聲音會有差異。
 - (一)文蛤的敲擊音可以判斷生死。
 - (二)敲擊部位和方式都會影響聲音，由聽音的辨認度來看，採買時，最好互敲(圖 13)B 區，多敲幾次比較好。
 - (三)敲文蛤時，左右殼面聲音差異不易以耳朵辨別，對買文蛤影響不大。
- 四、研究文蛤出入水管的出水、入水行為
 - (一)文蛤出水管只會緩慢排水、迅速噴水，不會入水。
入水管除入緩慢吸水，也會迅速噴水，但不會緩慢排水。
 - (二)文蛤反面時比正面更容易出現入水管噴水情形。
- 五、不同的環境條件，對文蛤保存有影響。
 - (一)低溫、無水保存可以保存較久。
 - (二)在吐沙過程中，因為有水，有換水文蛤會比較好。

柒、參考資料

- 巫文隆、劉秀平、廖國焱(1992)。文蛤型態與解剖學研究。貝類學報，17，91-98。
- 鄭豐洲(1995)。文蛤潛砂行為之觀察。貝友，25，44-53。
- 藍子樵(1999)。文蛤博物誌。貝友，25:44-53。
- 溫永福等(2006)。生物學實驗(修訂版)，臺北市：藝軒圖書出版社，152-153。
- 李昆叡、紀緯明、林育謙、繆淳安、林夏如、劉孟竺(2011)。文蛤噴水行為的研究。中華民國第四十四屆中小學科學展覽會：國小組。
- 廖佳微等。開合之間的奧秘。中華民國第四十九屆中小學科學展覽會：國中組。
- 劉裕仁、張宜眉、陳詩元。「蜊」大無窮—文蛤生態資料及閉殼肌拉力探討。中華民國第五十二屆中小學科學展覽會：高中組。
- 荒野保護協會。文蛤。取自：<http://sowhc.sow.org.tw/html/report/2006/a26.htm>
- 行政院農業委員會。優質文蛤的養殖技術。取自：<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=4005>

捌、附錄

一、利用 Praat 分析比較文蛤敲擊聲音的方法：

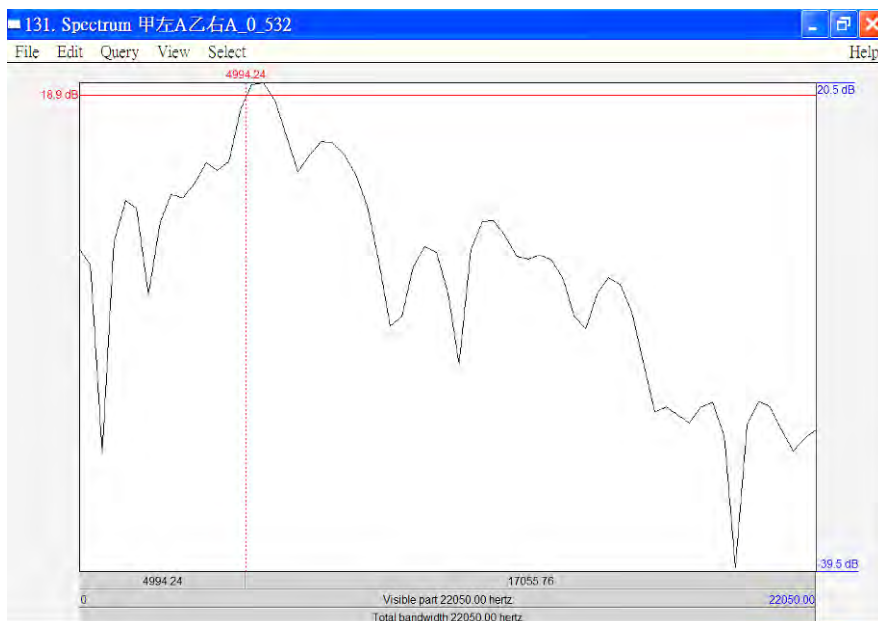
(一)選出需要分析的區段，畫出聲音檔的頻譜圖(spectrum)。

例如：下圖為甲文蛤左殼 A 區敲擊乙文蛤右殼 A 區的頻譜圖。

(二)找出各個頻譜圖波峰出現次數最多的頻率區段(2500Hz、3500Hz、5000Hz、7500Hz)。

(三)找出頻譜圖中各個頻率相對的信噪比，再加以分析比較。

例如：右圖紅色垂直虛線所對的大約是 5000Hz 的位置，相對應的信噪比為 18.9dB。



二、文蛤的體型大小與重量分析記錄表

流水編號	文蛤體型大小			重量(g)	殼寬、殼高、殼長比			重量與殼寬、高、長的比		
	殼寬(cm)	殼高(cm)	殼長(cm)		殼寬/殼高	殼寬/殼長	殼高/殼長	重量/殼寬	重量/殼高	重量/殼長
1	2.00	3.30	4.00	21.970	0.61	0.50	0.83	11.0	6.7	5.5
2	2.10	3.45	4.20	21.760	0.61	0.50	0.82	10.4	6.3	5.2
3	2.06	3.40	4.10	21.460	0.61	0.50	0.83	10.4	6.3	5.2
4	1.95	3.10	3.90	20.840	0.63	0.50	0.79	10.7	6.7	5.3
5	2.35	3.55	4.20	20.595	0.66	0.56	0.85	8.8	5.8	4.9
6	1.80	3.20	4.00	20.580	0.56	0.45	0.80	11.4	6.4	5.1
7	1.90	3.20	3.90	20.170	0.59	0.49	0.82	10.6	6.3	5.2
8	2.30	3.50	4.25	19.470	0.66	0.54	0.82	8.5	5.6	4.6
9	2.36	3.11	4.27	19.350	0.76	0.55	0.73	8.2	6.2	4.5
10	1.80	3.10	3.80	19.230	0.58	0.47	0.82	10.7	6.2	5.1
11	1.90	3.10	3.80	19.080	0.61	0.50	0.82	10.0	6.2	5.0
12	2.35	3.55	4.20	19.005	0.66	0.56	0.85	8.1	5.4	4.5
13	2.03	3.33	4.03	19.000	0.61	0.50	0.83	9.4	5.7	4.7
14	2.25	3.50	4.15	18.755	0.64	0.54	0.84	8.3	5.4	4.5
15	2.30	3.34	4.17	18.155	0.69	0.55	0.80	7.9	5.4	4.4
16	2.20	3.55	4.20	17.895	0.62	0.52	0.85	8.1	5.0	4.3
17	2.23	3.44	4.03	17.304	0.65	0.55	0.85	7.8	5.0	4.3
18	2.27	3.56	3.86	16.070	0.64	0.59	0.92	7.1	4.5	4.2
19	1.95	3.00	3.70	12.975	0.65	0.53	0.81	6.7	4.3	3.5
20	2.02	3.00	3.60	12.635	0.67	0.56	0.83	6.3	4.2	3.5
21	1.95	3.10	3.65	12.460	0.63	0.53	0.85	6.4	4.0	3.4
22	1.90	3.05	3.65	12.370	0.62	0.52	0.84	6.5	4.1	3.4
23	1.60	2.60	3.30	12.170	0.62	0.48	0.79	7.6	4.7	3.7
24	1.40	2.80	3.20	12.160	0.50	0.44	0.88	8.7	4.3	3.8
25	1.90	2.99	3.65	12.035	0.64	0.52	0.82	6.3	4.0	3.3
26	1.50	2.50	3.20	12.000	0.60	0.47	0.78	8.0	4.8	3.8
27	2.00	2.95	3.50	11.755	0.68	0.57	0.84	5.9	4.0	3.4
28	1.95	2.90	3.50	11.680	0.67	0.56	0.83	6.0	4.0	3.3
29	1.87	2.88	3.46	11.610	0.65	0.54	0.83	6.2	4.0	3.4
30	1.90	2.98	3.52	11.440	0.64	0.54	0.85	6.0	3.8	3.3
31	1.95	2.09	3.41	11.375	0.93	0.57	0.61	5.8	5.4	3.3
32	1.88	2.80	3.46	11.110	0.67	0.54	0.81	5.9	4.0	3.2
33	1.92	2.92	3.40	11.105	0.66	0.56	0.86	5.8	3.8	3.3
34	1.50	2.50	3.00	11.090	0.60	0.50	0.83	7.4	4.4	3.7
35	1.40	2.50	3.05	10.980	0.56	0.46	0.82	7.8	4.4	3.6
36	1.60	2.40	3.10	10.900	0.67	0.52	0.77	6.8	4.5	3.5
37	1.70	2.50	3.00	10.870	0.68	0.57	0.83	6.4	4.3	3.6
38	1.50	2.50	3.15	10.810	0.60	0.48	0.79	7.2	4.3	3.4
39	1.50	2.40	3.00	10.570	0.63	0.50	0.80	7.0	4.4	3.5
40	1.50	2.40	2.90	10.260	0.63	0.52	0.83	6.8	4.3	3.5
41	1.40	2.40	2.80	10.120	0.58	0.50	0.86	7.2	4.2	3.6
42	1.50	2.50	3.00	9.690	0.60	0.50	0.83	6.5	3.9	3.2
43	1.30	2.30	2.85	9.520	0.57	0.46	0.81	7.3	4.1	3.3
平均	1.88	2.96	3.61	14.75	0.64	0.52	0.82	7.81	4.92	4.03
範圍	1.30~2.36	2.30~3.55	2.85~4.27	9.52~21.97	0.50~0.76	0.44~0.59	0.61~0.92	5.8~11.1	3.8~6.7	3.2~5.5

三、文蛤出入水管的出水、入水、噴水記錄

表 1-1：文蛤出入水管的入水、出水、噴水行為記錄 [文蛤正面朝上]

正面	入水管			出水管			觀察到的現象
	分	秒	噴水	入水	出水	噴水	
0	20	12"	08"				0'08" (入水管/噴水), 0'12"-0'18" (入水管/緩緩入水)
	40						0'30"-0'38" (出水管/緩緩出水) 一開始像小氣泡, 之後可見細細水流
	60						
1	20						1'01"-1'07" (入水管/入水) 藍水越來越淡, 且管口顏色變深
	40						1'09"-1'23" (出水管/出水) 墨水開出現一圈透明的圓, 且慢慢擴大
	60						1'56"-2'00" (入水管/入水) 藍、紅水同時被吸入
2	20						2'16"-2'23" (入水管/入水)
	40						
	60						2'57" (出水管/出水) & 緊接著 2'59" (入水管/入水)
3	20						
	40						3'29" (入水管/噴水)
	60						3'52"-4'19" (入水管/入水), 之後 4'20" (出水管/緩緩出水)
4	20						4'20" (入水管/持續入水) (出水管緩緩出水)
	40						4'37"-4'43" (出水管/出水)
	60						
5	20						
	40						5'29"-5'40" (入水管/入水)
	60						
6	20						
	40						6'41"-7'00" (入水管/入水) 紅墨水從出水口流入入水管, 色塊明顯變小
	60						
7	20						
	40						
	60						
8	20						
	40						
	60						8'50"-9'00" (入水管/入水)
9	20						
	40						
	60						9'56" (入水管/噴水) 9'33" 換水
10	20						10'07"-10'10" (出水管/出水)
	40						10'26"-10'29" (出水管/出水)
	60						10'43"-11'08" (出水管/出水-緩緩出水) 管口墨水被推出一個圓, 越來越大
11	20						11'14" (入水管/噴水)
	40						
	60						11'53"-12'20" (入水管/入水) 緩緩且持續入水
12	20						
	40						
	60						
13	20						13'06"-13'23" (入水管/入水) 紅水在 13'20" 開始被拉成一條細線進入入水管,
	40						之後 (出水管/出水-紅水的圓漸大), 出水直到 14'00"
	60						
14	20						
	40						14'34"-15'35" (入水管/入水) 紅水被吸到藍水處變紫色, 之後墨水全被吸光了
	60						
15	20						
	40						
	60						

表 1-2：文蛤出入水管的入水、出水、噴水行為記錄 [文蛤正面朝上]

正面	入水管			出水管			觀察到的現象
	分	秒	噴水	入水	出水	噴水	
16	20						16'00"-16'04"(出水管/出水)
	40						16'36"-16'48"(入水管/入水) 藍水全不見
	60						
17	20						
	40						
	60						
18	20	01"				03"	18'01"-18'17"(入水管/入水),18'03"-18'17"(出水管/出)緩緩出水,紅墨水被推出一個圓,且越來越大
	40						
	60						
19	20						19'00"-19'23"(出水管/出水)
	40						
	60						
20	20						20'00"-20'20"(入水管/入水)
	40						20'31"-20'39"(出水管/出水)
	60						20'41"-21'15"(入水管/入水)紅色素越來越淡
21	20						
	40						21'21"-21'27"(出水管/出水)緩緩出水
	60						
22	20						
	40						22'23"-22'59"(出水管/出水)
	60						22'48"-23'45"(入水管/入水)先是藍墨水不見,接著紅墨水漸漸被吸入且減少
23	20						
	40						
	60						23'53"-24'51"(出水管/出水)一直緩緩出水,持續滴入的紅水被推出一道透明水柱
24	20						
	40						
	60						
25	20						
	40						25'23"-25'40"(出水管/出水)
	60						
26	20	17"	00"			18" 00"	26'00"(入水管、出水管/都噴水),且出水管噴出 4 個排泄物
	40						26'17"-26'29"(入水管/入水); 26'18"-26'21"(出水管/快速出水)
	60						;26'41"-26'43"(入水管/噴水) (出水管/噴水)同時,且噴出 3 個排泄物
27	20						27'15"-27'47"(出水管/出水)
	40						
	60						
28	20						
	40						28'24"-29'27"(出水管/出水)
	60						
29	20						
	40						
	60						29'52"(入水管/噴水)
30	20						30'01"-30'10"(入水管/入水), 30'16"-30'20"(出水管/出水)
	40						30'17"-30'28"(入水管/入水)
	60						

表 2-1：文蛤出入水管的入水、出水、噴水行為記錄 [文蛤反面朝上]

反面	入水管			出水管			觀察到的現象
	分	秒		入水	出水	噴水	
0	20						
	40						
	60						
1	20						
	40						
	60						
2	20						2'23"斧足伸出又縮回
	40						2'38"水管縮回
	60						
3	20						
	40						
	60						
4	20						
	40						
	60						
5	20						
	40						5'51"水管伸出(入水管先出)
	60						5'54"入水管疑似排氣
6	20						
	40						6'37"色素擴散開來
	60						
7	20						
	40						7'36"(出水管/噴水)
	60						
8	20						8'25"入水管管口收縮，緊接著在 27"看見出水管噴水
	40		38"			27"	8'27"(出水管噴水)- 8'38"(入水管噴水)入水管先收縮,出水管噴水,極短時間內(不到 1 秒)入水管噴水
	60						8'52"-9'03"(入水管/入水)
9	20		03"			17"	9'03"(出水管/出水), 9'17"(入水管/噴水)
	40						
	60						9'46"(入水管/入水)
10	20	08"	03"				10'03"(入水管/噴水), 10'08"(入水管/入水)
	40						
	60						10'44"(入水管/噴水)
11	20						
	40						11'24"(入水管/噴水)
	60						
12	20						12'09" (入水管/噴水)
	40						
	60						12'47" (入水管/噴水)
13	20						
	40						13'21"(入水管/噴水) 第一次換水,水管縮回, 14'00 漸伸出
	60						
14	20						
	40						14'22"(出水管/出水)非常微小的水流 1 秒
	60						14'53"水管收縮,抽動一下
15	20						
	40						15'46"-16'00" 出入水管縮回
	60						

表 2-2：文蛤出入水管的入水、出水、噴水行為記錄 [文蛤反面朝上]

反面	入水管			出水管			觀察到的現象
	分	秒	噴水	入水	出水	噴水	
16	20						
	40						
	60						
17	20						17'17"(入水管/噴水)管口先收縮後,噴水
	40						
	60						
18	20						
	40						
	60						18'44"(入水管/疑似排氣)
19	20						19'08"排氣, 19'15"(入水管/噴水)
	40						
	60						
20	20	19"	02"			09"	20'02"(入水管/噴水), 20'09"(出水管/噴水), 20'19"(入水管/入水)微微吸水
	40						
	60						
21	20						21'17"(出水管/微小噴水)(之後文蛤逆時針方向轉 60 度)
	40						
	60						
22	20						22'15"第二次換水
	40						
	60						22'56"(入水管/入水)
23	20						23'06"(入水管/噴水)
	40						23'30"-23'40"(入水管/入水)持續入水
	60						23'49"(入水管/噴水)入水管先噴水緊接著(出水管/噴水)
24	20						
	40						24'24"(先入水管再出水管/噴水)
	60						24'55"(先入水管再出水管/噴水)
25	20						
	40						25'24"(入水管/入水)一段時間後入水管口收縮,接著於 25'35"出水管噴水, 後入水管口才慢慢放鬆。
	60						
26	20						26'00" (入水管/入水); 26'03"~15" (出水管/持續出水)
	40						26'22"(入水管、出水管都有小小的噴水); 26'31"(入水管/疑似排氣)
	60						26'50" (入水管/噴水)
27	20						27'16" (入水管/噴水) 27'45"~51"第三次換水
	40						
	60						
28	20						28'20" (入水管/入水)持續至 28'28"
	40						28'29" (入水管/噴水)入水管管口收縮、噴水
	60						28'51" (出水管/噴水)小小的噴水
29	20						29'14' (入水管/入水)持續至 29'26"
	40						29'30" (出水管/出水)
	60						29'41"(入水管、出水管都噴水)
30	20						30'20" (出水管/出水)
	40						
	60						

四、在不同保存條件下，文蛤的變化觀察記錄：

(一)A3 無水全乾：

時間	項目	A3-1	A3-2	A3-3
5/9	外殼閉/開	閉	閉	閉
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
5/10	外殼閉/開	殼開，壓後一段時間閉回	殼開 1MM, 壓時迅速閉回	閉
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	敲擊音	音高清脆	音高清脆	音高清脆
	其他	敲擊時，容易受敲擊部位影響聲音		
5/13	外殼閉/開	開 2 毫米，後殼合起並發出啵一聲	閉	閉
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
5/15	外殼閉/開	開 4.5 毫米，後變 3 毫米	開 2 毫米	閉
	聞(臭味)	稍腥	蛤味	無臭味
	敲擊音	低(悶)	略低(?)	4-10 OK
	其他	壓殼後彈回	出入水管被殼夾起	扳殼有抗力
5/17	外殼閉/開	開 2.5 毫米，後來閉回	殼開 1.5 毫米, 壓閉回	6 毫米，壓後閉回(不會全閉)，又迅速張開
	聞(臭味)	蛤腥味	蛤腥味	蛤腥味
	敲擊音	略低	清脆	
	其他	自主性不斷重複開合。滲與蛤肉同色且混濁的液體 1.8 毫升，有蛤味	滲與蛤肉同色且混濁的液體 1 毫升，有蛤味	滲與蛤肉同色且混濁的液體 0.5 毫升，有蛤味
5/20	外殼閉/開	開 6 毫米，碰後自己閉回	閉	開 1 毫米，壓後閉回
	聞(臭味)	蛤味	蛤味	蛤味
	敲擊音	略低	略低(?)	還好低
	其他	滲與蛤肉同色且混濁的液體 2 毫升，有臭味	滲與蛤肉同色且混濁的液體，有蛤味	
5/22	外殼閉/開	6.25MM	閉	開 5.95MM
	聞(臭味)	腐臭味	微臭	有一點臭
	敲擊音	X	高	X
	重量	15.97	10.185	7.885
	其他	與 5/20 相似, 滲液體 2 毫升，但比 5/20 的顏色更深，有臭味，蛤肉萎縮	滲與蛤肉同色且混濁的液體 1.5ML，有蛤味(照 6749)	滲與蛤肉同色的液體 2 毫升
5/27	外殼閉/開	36MM	4MM，後來閉上，扳有抗力	開 5.95MM
	聞(臭味)	連鼻塞和搨聞都有腐臭味	搨聞有一點腐臭，水搨聞有腐臭味	不用搨聞就有腐臭味
	其他	可看見內臟，外套膜未脫落，閉殼肌未斷裂，看不見鰓，蛤肉顏色變深變黃，滲液變黃濁	滲比蛤肉更深且黃色混濁的液體快 2.5ML，殼內有濃稠的泡泡，可用滴管穿過但不會破	前閉殼肌已脫落，後閉殼肌還連著，內臟成糊狀無法分辨，滲與蛤肉同色的液體 2 毫升
5/29	外殼閉/開	47MM	19MM	43MM
	聞(臭味)		腥臭味	不搨聞即可聞到腐臭
	其他	左殼外套膜黏住的地方剩 1/3，蛤肉顏色變黃且更乾縮，滲出的液體變更濁	閉殼肌及外套膜仍健在，滲液的顏色同上。	外套膜脫落，閉殼肌脫落留在左殼，出入水管易位，蛤肉稍縮一點。
5/31	外殼閉/開	48.6	24.5	42.1
	其他	左殼前後閉殼肌都脫落，前閉殼肌還連在右殼上	左殼前後閉殼肌都脫落，前閉殼肌還連在右殼上	左殼前後閉殼肌都脫落，蛤肉留在右殼上，左殼外套膜也脫落

(二)A4 無水蓋溼抹布

時間	項目	A4-1	A4-2	A4-3
5/9	外殼閉/開	1mm	閉	閉,
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	其他			水管伸出、被殼夾住
5/10	外殼閉/開	剛拿時殼開 3mm 後來閉回、又開、再閉	開 2mm 壓後慢慢閉回	開 5mm 壓後閉回
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	敲擊音	清脆	清脆	清脆
	其他		伸出一點水管,後縮回	
5/13	外殼閉/開	殼張開,可看到蛤肉有些萎縮	殼張開 2 毫米,輕壓後閉起	殼張開 2 毫米,輕壓不閉,壓多次後閉起
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	敲擊音	略低	空音	音高清脆
	其他	感覺不太活躍	活力變差	
5/15	外殼閉/開	殼張開 4 毫米,後來稍微闔上一點點	殼開 2.5mm,輕壓後閉起,後來又開	殼張開最大 7 毫米
	聞(臭味)	無臭味	抹布味	無臭味
	其他	自主性不斷重複開合	殼緣約出入水管中央吐出泡泡,蛤蜊下方滲水	自主性不斷重複開合
5/17	外殼閉/開		伸出斧足超過 3 毫米	4 毫米,斧足伸出 2 毫米,碰後迅速收回
	聞(臭味)	蛤味	無臭味	無臭味
	敲擊音	略低	清脆	低
	其他	自主性不斷重複開合,滲與蛤肉同色且混濁的液體,有蛤味,但分量不足以吸取	水管吐泡,蛤蜊下方滲與蛤肉同色且混濁的液體,有蛤味,但分量不足以吸取	自主性不斷重複開合,滲與蛤肉同色且混濁的液體,有蛤味,但分量不足以吸取
5/20	外殼閉/開	6.5 毫米	1 毫米,斧足伸出 4 毫米,碰後閉、收回	6 毫米,壓後變小
	聞(臭味)	有點臭	蛤味	臭
	敲擊音	略低	清脆	低
	其他	自主性不斷重複開合,摔至地上殼漸漸閉起,扳開殼後閉不回	水管吐泡,蛤蜊下方滲與蛤肉同色且混濁的液體,有蛤味,但分量不足以吸取	滲與蛤肉同色且混濁的液體,無臭味,變多
5/22	外殼閉/開	9MM	閉	10.175MM
	聞(臭味)	腐臭	有點臭	未掀開抹布就可聞到臭味
	敲擊音	X	低	X
	重量	12.735	11.94	6.705
	其他	蛤蜊下方滲出液體	皿內壁有許多小水珠凝結	內部已出現腐爛的現象,蛤肉乾縮,閉殼肌已放鬆(照片 6741-6747) 抹布變溼變重
5/27	外殼閉/開	22.1MM	閉	25MM
	聞(臭味)	稍臭	蛤味	腐臭味
	敲擊音	X	低	X
	其他	內臟成黑團狀,閉殼肌皆在,已開始自體消化		蛤肉發黑,左殼外套膜分離,前閉殼肌變細,後閉殼肌脫落,完全無法辨認其內臟
5/29	外殼閉/開	27.2	閉	
	聞(臭味)	不用搨即可聞到腐臭	微蛤味(不臭)	近聞可聞到重腐臭味
	敲擊音		低	
	其他	左殼外套膜剩 1/2,蛤肉變乾、更黃		後閉殼肌剩一絲,前外套膜剩一條
5/31	外殼閉/開	38	閉	34.4
	聞(臭味)	稍臭	X	近聞有腐臭味
	敲擊音	X		X
	其他	照片 6818 布腥臭	照片 6819 布無明顯氣味,蛤下有一些液體	照片 6820 布有腥臭,蛤下有一些液體

(三)B3 鹽水換水組：

時間	項目	B3-1	B3-2	B3-3
5/9	外殼閉/開	閉	2MM	2~3mm
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	其他		水管伸出約 3mm	水管伸出約 2mm
5/10	外殼閉/開	閉	開 管伸出 4?mm	開 3mm
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	敲擊音	音高清脆	殼未閉回,不敲	殼未閉回,不敲
	其他	(1)4,5,6,OK	便便很多,	水管伸出,外套膜露出殼外
5/13	外殼閉/開	閉	開 1 毫米	開 4.5 毫米
	聞(臭味)	有腥味	無臭味	無臭味
	敲擊音		殼未閉回,不敲	殼未閉回,不敲
	其他		水管伸出 4 毫米	外套膜伸出 4 毫米,至常溫後縮回,又伸斧足,水管伸出 8 毫米
5/15	外殼閉/開	殼張開 1.5 毫米,用力壓殼稍微合起	殼張開 2.5 毫米	水管伸出,殼開 3 毫米
	聞(臭味)	蛤味,比 B4-1 重	無臭味	無臭味
	敲擊音	音高清脆	殼未閉回,不敲	殼未閉回,不敲
	其他	扳殼有抗力	水管起類似水泡物,腫大,3 分鐘後類似水泡物消退	一拿伸斧足,從 2.5 毫米到 9.5 毫米,會動
5/17	外殼閉/開	殼張開 1.5 毫米,壓殼閉不起		殼開 6 毫米
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	蛤味
	敲擊音	音高清脆		
	其他	有一、二十顆排泄物	水管起類似水泡物,腫大,斧足伸出 3.4*1.3 公分,會自己擺動,摸後縮回,水管伸出,摸後不縮,有四、五顆便便,反應變遲緩	斧足伸出 3.1*1 公分,有伸水管,看起來無力,摸了沒明顯反應
5/20	外殼閉/開			殼開 8 毫米,水管伸出 3.5 毫米
	聞(臭味)	無臭味	淡蛤味	腥臭味,有滲水,有臭味
	其他	殼靠近水管那頭微開,另一邊閉合,後來全部閉合	斧足伸出 1.5*2.75 公分,水管伸出 0.5 毫米	斧足伸出,後來縮回
5/22	外殼閉/開	1.1MM	3MM	7.05MM
	聞(臭味)	有一點臭	有一點點臭	有一點點點臭
	敲擊音	高	X	X
	其他	水有一點點臭	水管伸出 2MM,斧足伸出 5.1MM,看起來半透明,壓無任何反應,水有一點點點臭	斧足伸出,水管伸出 3MM,水有一點臭,碰牠無反應
5/27	外殼閉/開	0.7MM,壓後閉起	7.1MM	9MM(壓後彈起)
	聞(臭味)	有一點點臭	臭	重腥味
	敲擊音	低空音	X	X
	其他	水沒有明顯臭味,扳有抗力	殼中有泡泡,可刺破,水臭,扳有抗力	殼間有泡泡,可刺破,扳有抗力,水有一點臭
5/29	外殼閉/開		9.5MM,壓不回	21MM
	聞(臭味)	蛤、水均無臭	腐臭	一點腐臭
	其他	斧足伸出,會自主縮回,出現連續性循環開閉、偶伸出斧足	水偏白,出入水管斧足看起來軟癱無力、破爛	水偏黃,有一點點臭,閉殼肌、外套膜、鰓可見,水管泡爛
5/31	外殼閉/開	0.5MM,摸時閉	12.2MM	33.3MM
	聞(臭味)	X	臭	臭
	敲擊音	空低	X	X
	其他	水清(照片)	水略偏白濁,有些些膜漂浮	水偏黃濁,肉爛

(四)B4 鹽水不換水組：

時間	項目	B4-1	B4-2	B4-3
5/9	外殼閉/開	1mm	1mm	1mm
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	其他	有黏液;殼緣有畸形	水管伸出又縮回	有便便
5/10	外殼閉/開	1mm	2mm	2mm
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	敲擊音		殼未閉回,不敲	殼未閉回,不敲
	其他	1,2,3,9ok 便便,有黏液(分泌物)	斧足、水管伸出(圖) 碰後緩緩縮回,殼開縫變小,但殼還是沒有全閉,不敲,殼上有黏液	水管伸出(圖)
5/13	外殼閉/開	閉	開 3 毫米	開 3 毫米
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	敲擊音	高亢	敲時殼稍開,高亢	敲時殼稍開,高亢
	其他		水管伸出 6 毫米	水管伸出 1 毫米,有排泄物
5/15	外殼閉/開	殼張開 1.5 毫米		殼張開 2 毫米
	聞(臭味)	蛤味	無臭味	蛤味
	敲擊音	殼未閉回,不敲	殼未閉回,不敲	殼未閉回,不敲
	其他	水管伸出 4 毫米	伸斧足 5 毫米	伸斧足 4.5 毫米
5/17	外殼閉/開	殼張開 3 毫米	殼張開 4.5 毫米	殼開 2.5 毫米,後來閉上
	聞(臭味)	蛤味	蛤味	蛤腥味
	敲擊音	音高清脆	音高清脆	音高清脆
	其他	水管伸出 2 毫米,會主動噴水,扳不開,壓後有水從殼縫流出,斧足稍微伸出	斧足伸出 0.5*2.1 公分,拿後水管伸出 2 毫米,後來全縮	摸後斧足迅速收回,摸水管以中等速度收回,扳不開
5/20	外殼閉/開	殼張開 2 毫米	殼張開 4.5 毫米	殼開 8 毫米,水管伸出 3.5 毫米
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	其他	壓了殼縫變小	斧足伸出 6 毫米,自動縮回	斧足伸出 6 毫米,自動縮回
5/22	外殼閉/開	1.9MM,後來有慢慢縮小	3.75MM	2MM
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	一點臭
	敲擊音	低	X 未閉回,	X
	其他	便便很多,水無臭味,很混濁	斧足伸 7MM 後縮回,水管伸 1.95MM 後縮回又伸出,水有一點點臭	斧足伸出 8.3MM,壓後縮回又伸出,水有一點點臭
5/27	外殼閉/開	4.6MM,壓後彈起	2MM(壓不回)	0.8MM,壓不回
	聞(臭味)	有一點臭	有一點臭	有一點臭
	其他	斧足伸出 5.3*29MM,會緩慢縮回,水管伸出 1.5MM 後來縮回,壓沒有反應,便便超多	斧足伸出 5.7*23MM,摸後稍縮,便便不多	斧足伸出 1.3*16MM,碰後快速縮回
5/29	外殼閉/開	0.3MM-->3MM	1.2MM,壓會彈回	1MM,壓彈
	其他	會自主閉回,伸出水管、碰後縮回,會吐出連串泡泡,雙殼出現連續性循環開閉,水有沙、便,混濁	水白濁,沙,有些臭	水黃濁,有沙
5/31	外殼閉/開	1.5MM,壓迅速閉,約 1 分後開合開合中壓不閉(緩開到 3.4MM,一段時間後速閉噴斥冒泡,斧有時會出又回)	1.5MM,碰後迅速閉,開(3.1MM)合開合中壓不閉	6.8MM 壓不閉
	聞(臭味)	重蛤味	重蛤味	重蛤味(有臭)
	敲擊音	低		

(五)C3 自來水換水組：

時間	項目	C3-1	C3-2	C3-3
5/9	外殼閉/開	閉	閉	閉
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
5/10	外殼閉/開	閉	閉	閉
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	敲擊音	音高清脆	音高清脆	音高清脆
5/13	外殼閉/開	閉	開 1 毫米	開 2 毫米
	聞(臭味)	腥味	無臭味	無臭味
	敲擊音	略低	敲時殼稍開，一點低	敲時殼稍開
	其他		壓殼不閉	水管伸出 1 毫米，後來縮回，輕壓殼伸斧足
5/15	外殼閉/開	殼張開 1 毫米	殼張開 1.5 毫米，輕壓不閉	殼張開 2.5 毫米
	聞(臭味)	蛤味	無臭味	無臭味
	敲擊音	敲時殼稍開	敲時殼稍開	殼未閉回，不敲
	其他	殼靠近水管那頭微開，另一邊閉合，可輕易將殼撥開，但會自動閉合	殼緣約出入水管中央吐出泡泡	水管伸出 2.5 毫米
5/17	外殼閉/開	殼靠近水管那頭開 1 毫米，另一邊閉合，水管被殼夾住	殼張開 1 毫米	殼開 0.5 毫米，一段時間後才稍閉一些，水管伸出 3 毫米，後來略縮一些
	聞(臭味)	無臭味	蛤味	蛤味
	敲擊音	低(殼未全閉)	低	音高清脆
	其他		斧足伸出 6 毫米，自動縮回	
5/20	外殼閉/開	閉	殼張開 2 毫米	閉
	聞(臭味)	腥臭味，有滲水，水也臭	腐臭味，有滲水，水也臭	滲水，水也臭
	敲擊音		低	
	其他	殼靠近水管那頭開 0.5 毫米，另一邊閉合，水管被殼夾住	壓不回，扳沒啥抗力，滲米黃色液體	
5/22	外殼閉/開	閉	1MM	0.15MM
	聞(臭味)	無臭味	有一點點臭	有腥味
	敲擊音	有一點低	X	X
	其他	水有一點點臭	水管伸出 1MM,水無臭	水管伸出 2MM,水有一點點點臭
5/27	外殼閉/開	3.6MM	36.6MM	30.9MM
	聞(臭味)	重腥味(不臭)	微臭	蛤味(無明顯臭味)
	敲擊音	X	X	X
	其他	輕扳無抗力，壓不會閉回，水面上有白膜	後閉殼肌斷裂，右邊外套膜脫落，左邊半脫落，蛤肉發白，浮腫，水臭，白濁	閉殼肌脫落，左殼外套膜脫落，肉發白浮腫，水白濁臭
5/29	外殼閉/開	5.5MM	41.4MM	31MM
	聞(臭味)	腥臭味，水腐臭	腥臭味，水腐臭	腥臭
	其他	上面一層白色漂浮物，水白濁(較 C3-2、C3-3 濁)	蛤肉剝離，殼 5.5G，水白濁(>C3-3)	肉變黃，閉殼肌斷，左殼空，水白濁
5/31	外殼閉/開	6.5，壓不回，無反應	46.8	33.8
	聞(臭味)	腥味(不臭)	腥味(臭)	蛤味(微臭)
	其他	照片 6822，蛤及水面上有白膜 6823，6826-6828 蛤肉白浮腫，水白濁	肉 2.915g，肉變黃，水微臭，水白濁	照片 6825，水有蛤味(微臭)，水白濁

(六)C4 自來水不換水組：

時間	項目	C4-1	C4-2	C4-3
5/9	外殼閉/開	閉	閉	閉
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
5/10	外殼閉/開	閉	閉	閉
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	敲擊音	1,2,3ok	1,2,3,4,5,6,7,9,10ok	1,2,3,4ok
5/13	外殼閉/開	閉	閉	殼張開 2 毫米,輕壓後吐泡並閉起
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	敲擊音	音高清脆		
	其他	有些排泄物		
5/15	外殼閉/開	殼張開 0.5 毫米	閉	殼張開 1.5 毫米
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	有怪味
	敲擊音	敲時殼稍開		
	其他	用中等力量壓後閉,扳時有抗力		水管伸出 1.5 毫米
5/17	外殼閉/開	殼張開 0.5 毫米,壓後閉不起	閉	殼張開 1 毫米,壓後閉起
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	蛤臭味
	敲擊音	音高清脆	音高清脆	低
	其他	斑有抗力		
5/20	外殼閉/開	閉	閉	閉
	聞(臭味)	無臭味	無臭味	無臭味
	敲擊音	低		
5/22	外殼閉/開	閉合	閉合	閉合
	聞(臭味)	微微臭(擦乾後較易聞出氣味)	微微腥的氣味	微微腥的氣味
	敲擊音	低	高	高
	其他	水有腥臭味	水略有腥味	水有腥味(比 C4-2 重)
5/27	外殼閉/開	閉合	閉合	閉合
	聞(臭味)	無臭,水無臭	蛤腥臭味	微微腥的氣味
	其他		水略有腥味	
5/29	外殼閉/開	閉	閉	
	聞(臭味)	無臭	腥味	蛤味(不臭)
	敲擊音	稍低	偏低	低
	其他	水白濁	水白濁,有腥味,扳殼有抗力	有沙、便,水白濁,扳殼有抗力
5/31	外殼閉/開	閉合	1.6MM,壓不閉,扳無抗力	閉合
	聞(臭味)	無臭,水微蛤味,無臭	蛤臭味	無臭,水微蛤臭
	敲擊音	音低	X	比 C4-1 低
	其他	水有些黃白,有沙	水有黃白濁,有沙,無明顯臭味	水有些黃白,有沙

【評語】 080315

1. 能針對文蛤的構造進行詳細觀察及設計實驗，並善用資訊軟體進行分析。
2. 應針對入水管噴水行為、保存驗證機制正反面差異予以深入探討。
3. 應注意實驗的關聯性，提高邏輯性。