

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

佳作

040705

「蜊」大無窮一文蛤(*Meretrix lusoria*)生態資料
及閉殼肌拉力探討

學校名稱：新北市立錦和高級中學

作者： 高一 劉裕仁 高一 張宜眉 高一 陳詩元	指導老師： 吳家進 游湘瑞
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：文蛤、臺灣蜆、閉殼肌

摘要

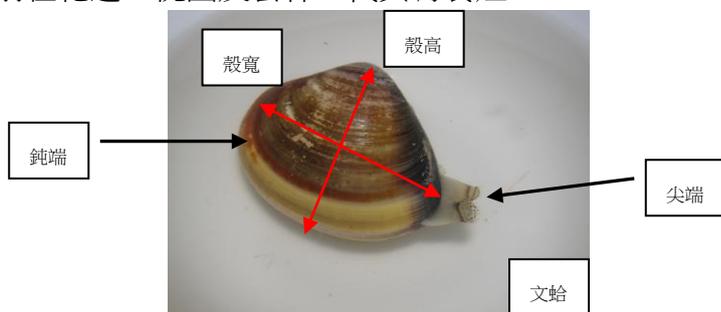
本研究探討文蛤的生態資料與影響閉殼肌拉力的原因。分組實驗中，分成四組：10g 以下（30 個）、10-15g（46 個）、15-20g（32 個）和 20g 以上（17 個）四組，總數 128 個；臺灣蜆分成兩組，共 29 個。新鮮度實驗中發現在活活的組別比值(高頻/低頻)均高於死死組別，顯示可從聲音辨識文蛤的新鮮度。

拉力實驗中，(1)文蛤的拉力為 2117g，臺灣蜆為 1368g，影響最大的是蛤肉重量。(2)單位拉力會隨著總重而遞減。(3)蛤肉比例在 10-15g 有最高比例(18%)，臺灣蜆為 18.7%。(4)兩物種的蛤肉含水量約為 50%。(5)閉殼肌斷裂位置 90.7%發生在鈍端，臺灣蜆則接近 50%。(6)文蛤閉殼肌平均重量為 0.18g(尖)、0.07g(鈍)，比值為 2.57，臺灣蜆尖端為 0.036g，鈍端為 0.023g，比值為 1.67，顯示一般人認為文蛤閉殼肌兩邊相似是錯誤的。

壹、研究動機

「哇～是干貝ㄟ～！」，平時吃的「干貝」其實就是貝類的「閉殼肌」，每次吃文蛤時，都可以看到文蛤小小的閉殼肌。而閉殼肌是用來防止被扳開的防禦機制，大家應該都有遇過扳不開的蛤蜊吧！所以人類才用「煮」的方式逼牠大開，以解決口腹之慾；可惜的是在烤肉時最討厭文蛤打開時，常因為重心不穩導致湯汁流失。這激起了貪吃的我們想要瞭解為何會產生這樣的現象，希望可以找到原因還我鮮美的湯汁和肥美的肉。而自然界中除了人類之外，也有許多生物會捕食文蛤，自然界中的天敵是怎樣將牠打開的，牠到底能抵抗多大的力氣呢？要是牠真的是個大力士，那文蛤的天敵不是有更大的力氣嗎？這小小的閉殼肌為何可以產生這麼大的力量？激起了我們想要對文蛤做一個深入的研究。

文蛤(*Meretrix lusoria*)，在分類上屬軟體動物門—斧足綱—簾蛤目—簾蛤科—文蛤屬—文蛤種，大部分都是雌雄異體，外殼大略呈現扇狀，蛤的前端殼的外型較圓滑，是口的位置，後端則較尖長，是出入水口的位置，原產於日本，一般棲息於淺海的沙泥底部，目前再台灣的中部一代有大量養殖。臺灣蜆(*Corbicula fluminea*)，分類上屬於蜆科，雌雄同體或異體均有，遍佈於韓國、中國及臺灣，體型大小約在 20~35mm，分佈於淡水和半鹹水水域。台灣目前在花蓮、桃園及雲林一代具有養殖。



圖片來源：<http://linys17.pixnet.net/blog>



圖片來源：<http://wetland-tw.tcd.gov.tw/wetlandweb/intro-info.php?id=287>

貳、研究目的

- 一、測量文蛤與臺灣蜆之基礎生態資料
- 二、研究不同大小的個體在閉殼肌拉力的差異
 - (一)文蛤重量是否與閉殼肌力量成正相關
 - (二)文蛤體積是否與閉殼肌力量成正相關
 - (三)找出影響閉殼肌拉力的主要原因
 - (四)研究閉殼肌斷裂位置的差異
- 三、找出聲音敲擊對於判定文蛤新鮮度的原因及趨勢
- 四、檢測相同熱源中不同加熱方式對於文蛤開啟的差異
- 五、研究溫度對於閉殼肌力的影響
- 六、比較不同物種之間對於閉殼肌拉力的趨勢及差異

參、研究設備及器材

表一、實驗器材表

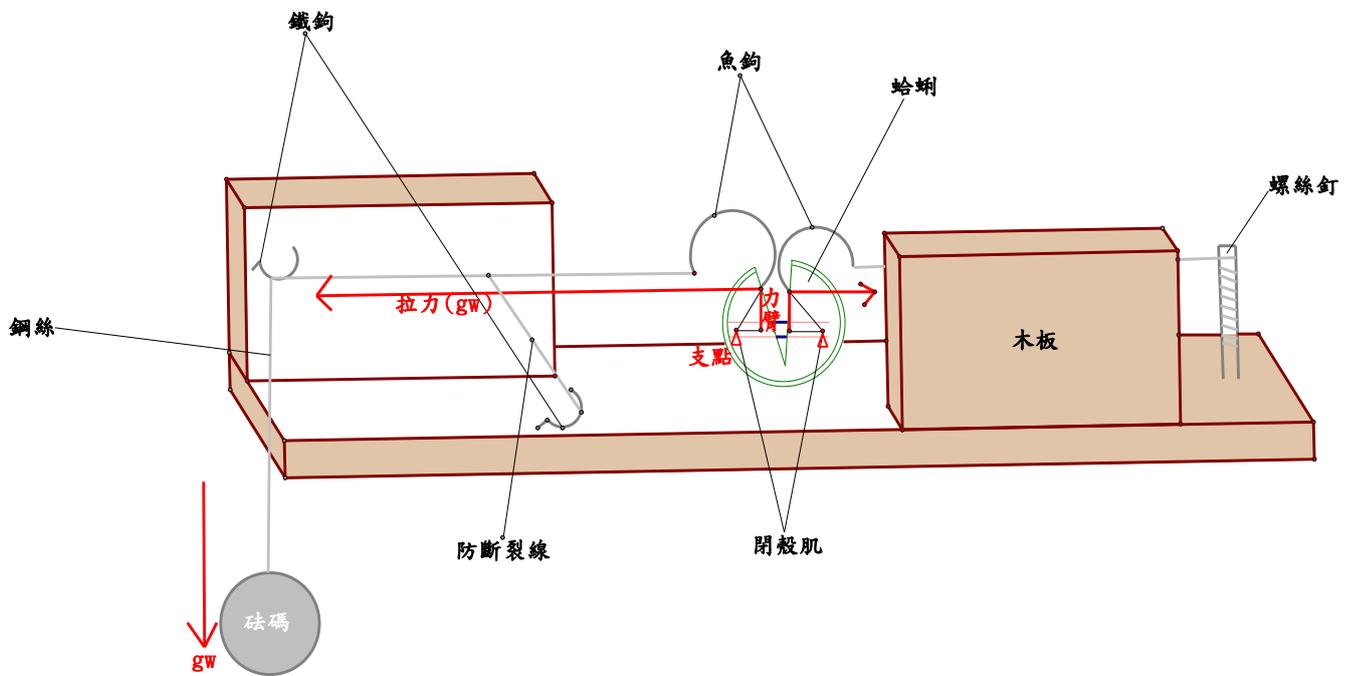
編號	名稱	用途	數量	備註
1	鋼線	綑綁魚鉤	1 捆	38 號鋼線
2	魚鉤	勾住蛤殼以作拉扯	2	雙鉤型
3	木板	製作底板及防護板	小片 x2、大片 x1	
4	鐵鉤	固定緩衝線、 使鋼線轉向	X2	
6	螺絲釘	固定單邊之鋼線、木 板	約 5 公分 x3	
7	電子秤	秤量蛤蜊之基本數據	小數點下兩位式	 <p>圖一、小數兩位式電子秤</p>
8	錫箔紙	避免實驗體 與秤直接接觸		
9	文蛤	實驗組	共 4 組，128 顆	實驗四樣本數
	臺灣蜆	對照組	共 2 組，29 顆	實驗七樣本數
10	鐵尺	度量長、寬	15 公分 x1	
11	鑷子	夾取切下部位		
12	解剖刀	作蛤蜊解剖	尖頭斜口式	



圖二、實驗設置圖



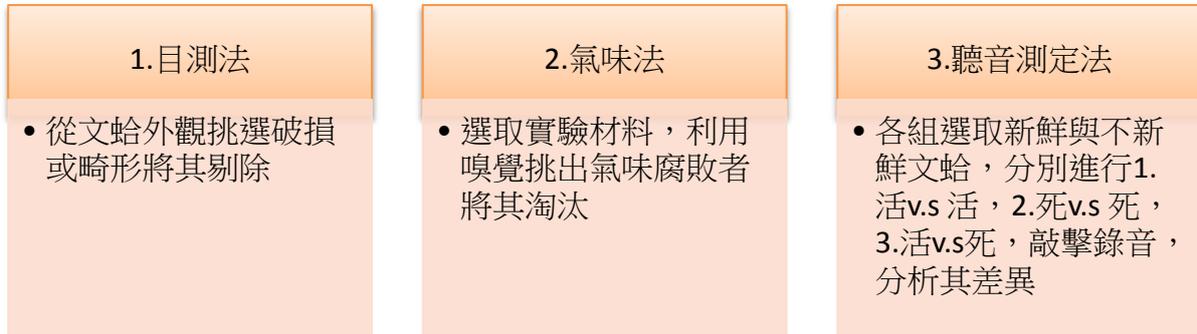
圖三、砝碼設置與實驗進行圖



圖四、實驗器材設計圖

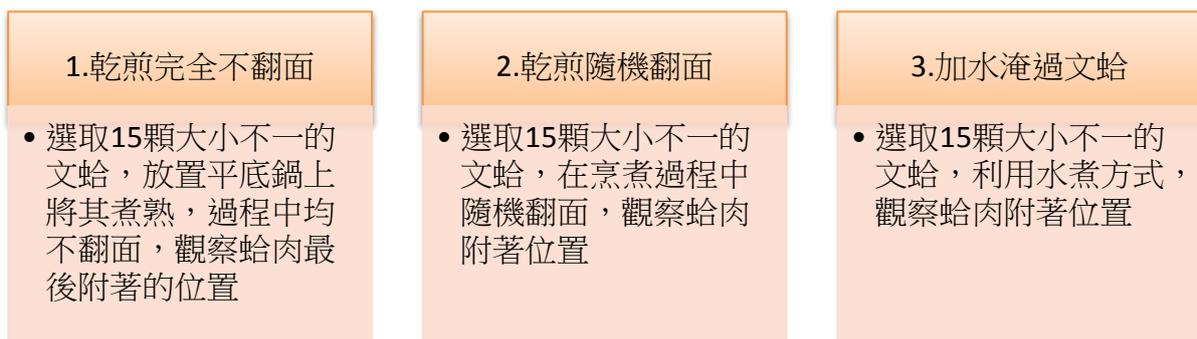
肆、研究過程及方法

一、文蛤新鮮度測定

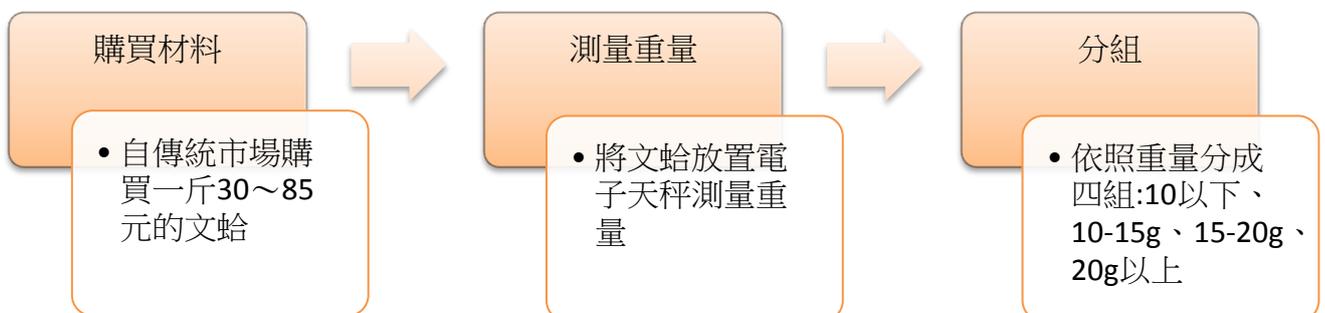


註：聲音分析軟體選用 adobe audition 3.0

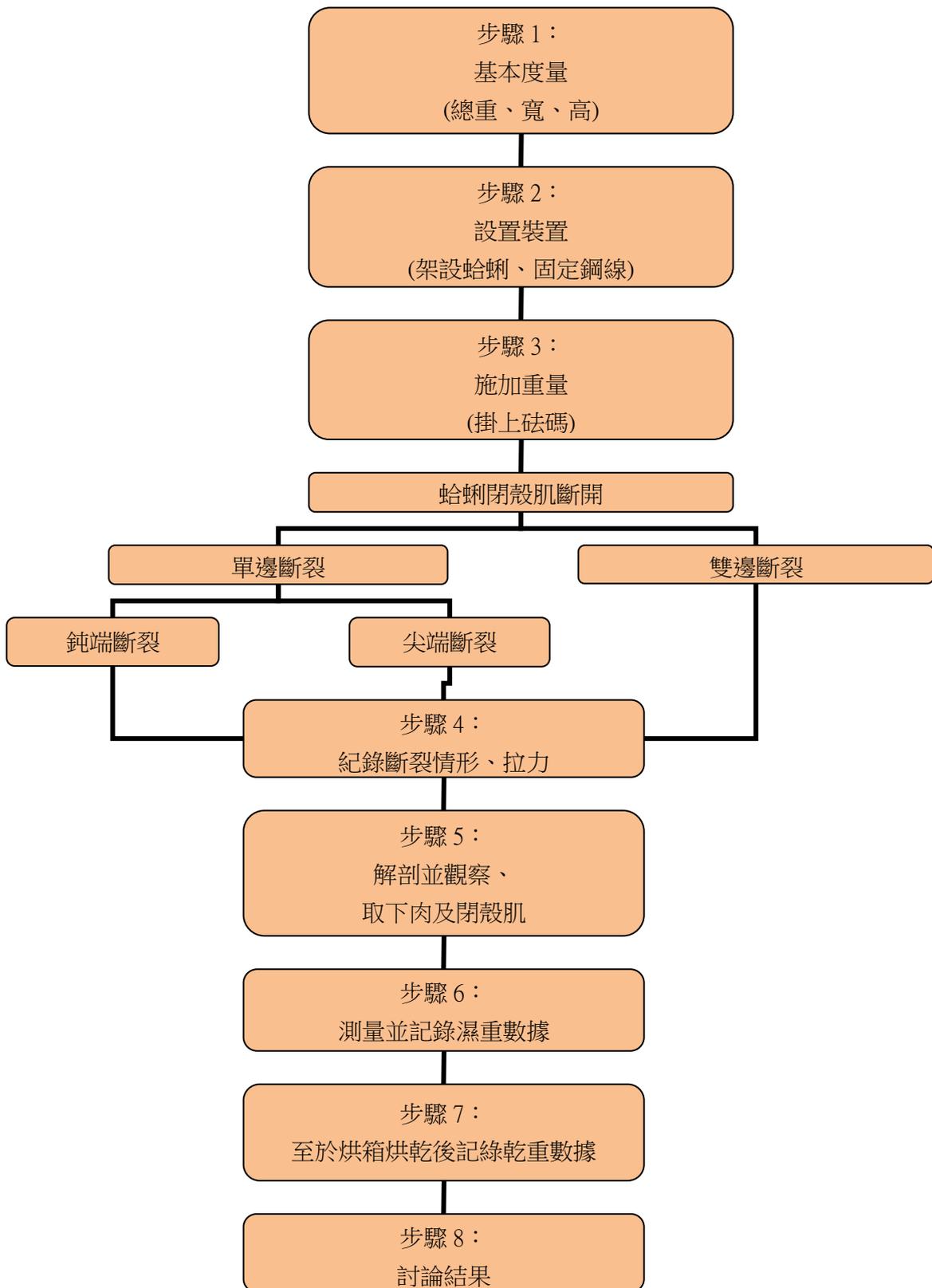
二、文蛤烹煮實驗



三、文蛤分組實驗



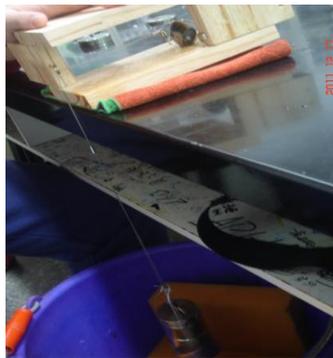
四、文蛤生態資料及拉力測定



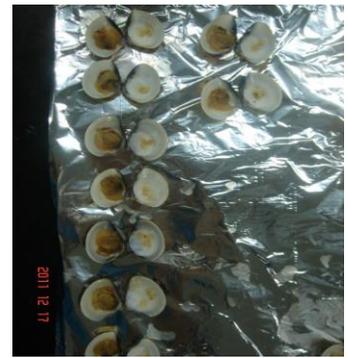
註：本實驗的乾重是指 80°C，100 分鐘後的結果



圖五、步驟 2 設置裝置
(將兩端之魚鉤 先鉤住蛤蜊)

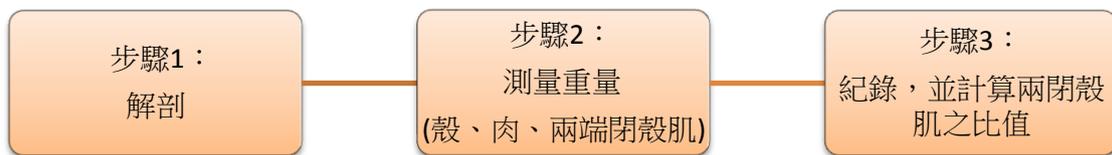


圖六、步驟 3 施重
(左端掛上砝碼測量其拉力)



圖七、步驟七
(烘乾後)

五、測量文蛤兩端閉殼肌大小



圖八、步驟 1 (切取閉殼肌)



圖九、解剖前兩端閉殼肌比較



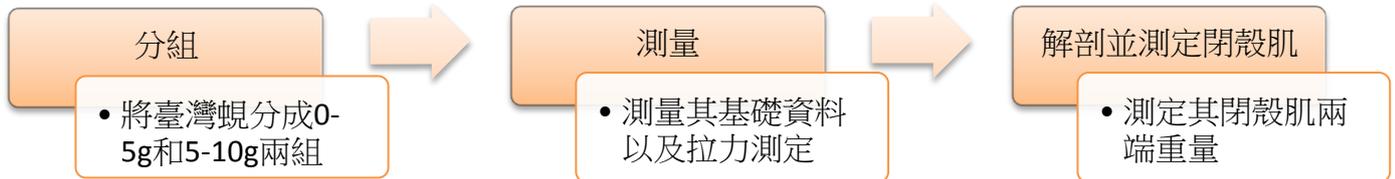
圖十、解剖後兩端閉殼肌比較(左為鈍端, 右為尖端)

六、溫度對於閉殼肌拉力的影響

本實驗，選取 10-15g 的文蛤，放置在 5°C、15°C、25°C、35°C、45°C 的水溫中 10 分鐘，再測定拉力，探討溫度的影響。

七、臺灣蜆基礎資料及拉力測試

本研究選用臺灣蜆為文蛤的比較物種，比較在不同物種之間，是否有其相似趨勢。



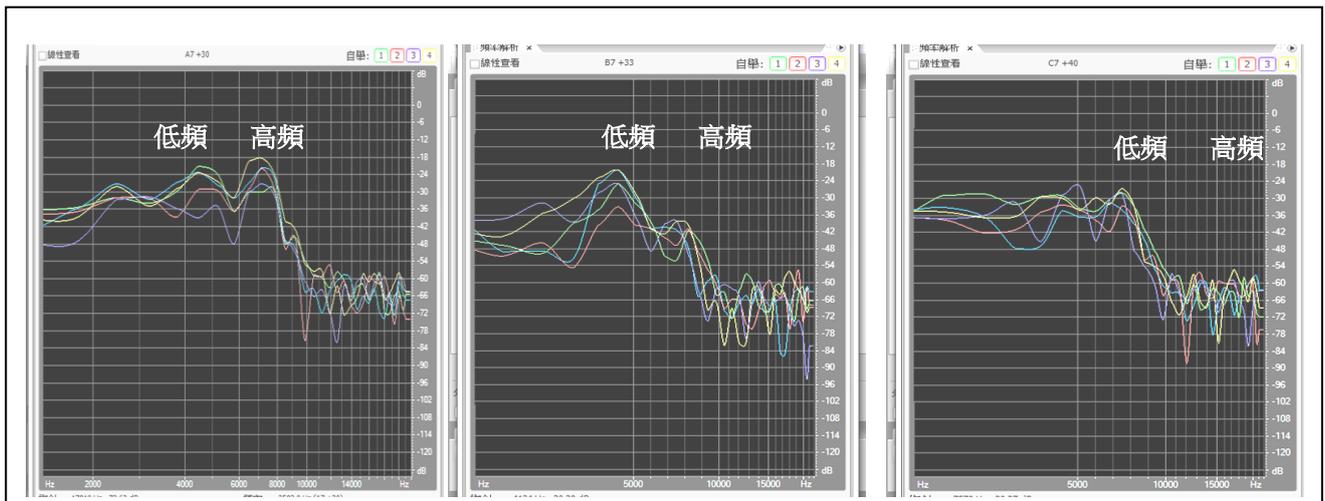
伍、 研究結果

一、文蛤新鮮度測定

材料自於傳統市場，採取現買現做的原則，去除破損或氣味不佳者，保持材料的新鮮度。在各組中隨機選取新鮮的 5 個樣本，不新鮮的 5 個樣本（先將其冰在冰箱一星期），相互敲擊並錄音分析，結果如下：

（一）10g 以下敲擊聲音分析

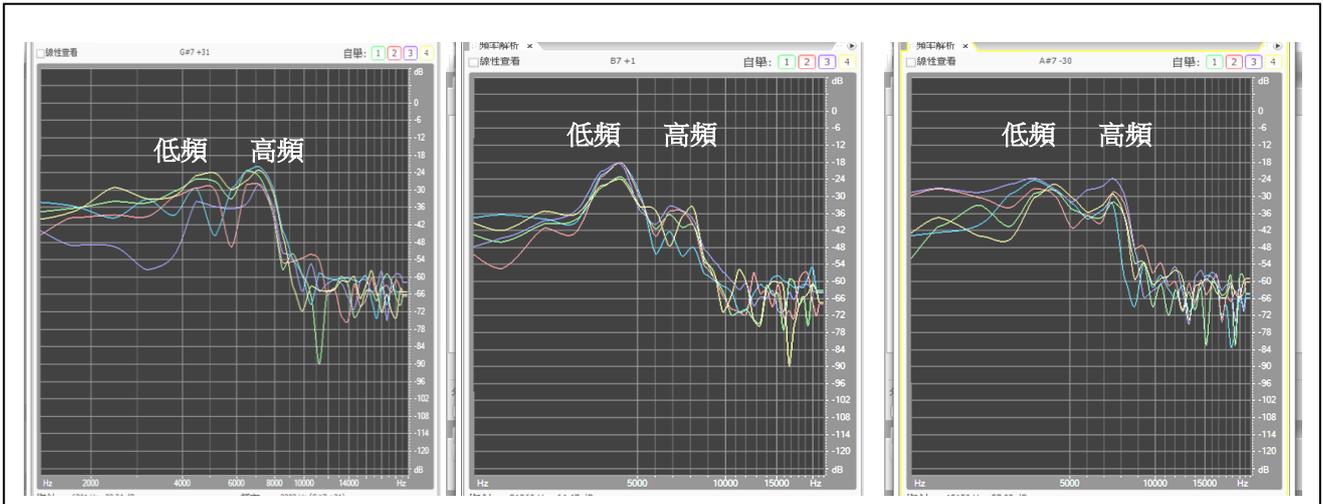
由圖十一，10 g 的樣本中低頻區約在 4134Hz，高頻區約在 6890Hz。兩頻率比值（高/低）如下：1.18、0.4、0.99（活/活，死/死，活/死）（以下聲音分析均依此呈現），顯示活文蛤會發出較為清脆響亮的聲音。



圖十一、10g 以下文蛤相互敲擊錄音分析（由左至右分別是：活/活，死/死，活/死）

(二) 10-15g 敲擊聲音分析

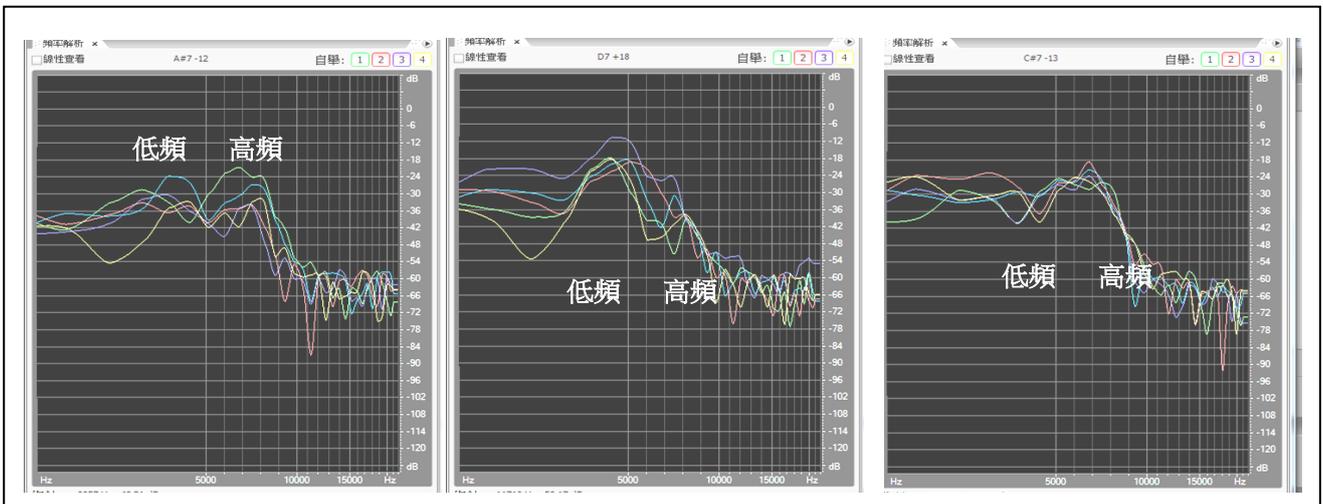
由圖十二，10-15 g 的樣本中低頻區約在 4134Hz，高頻區約在 7165Hz。比值如下：1.18、0.46、0.87，結果與 10g 以下組別相似。



圖十二、10-15g 文蛤相互敲擊錄音分析

(三) 15-20g 敲擊聲音分析

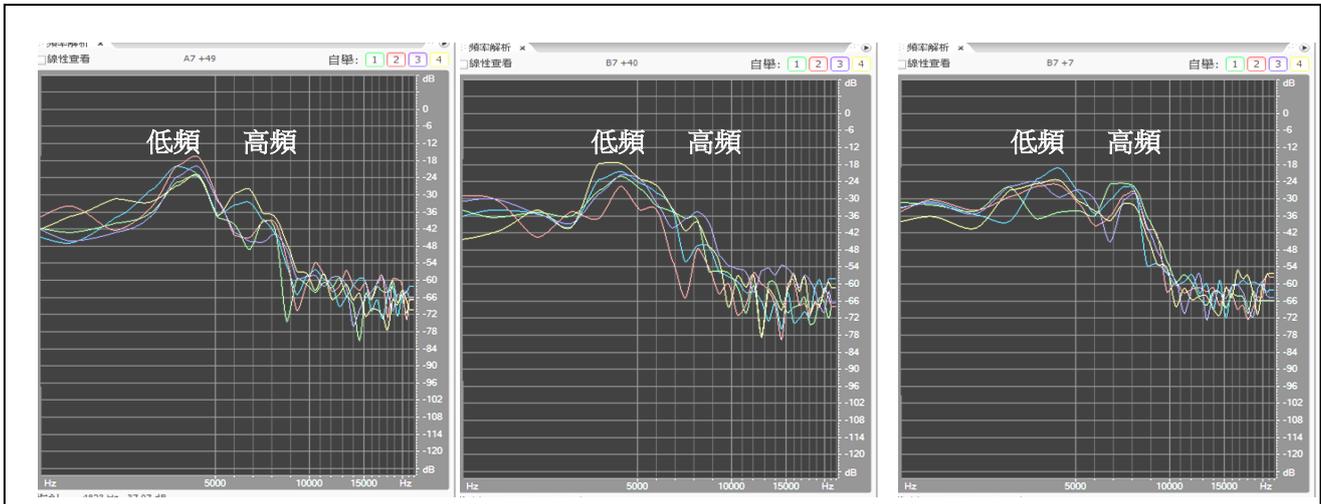
由圖十三，15-20g 的樣本中低頻區約在 3858Hz，高頻區約在 6716Hz。比值如下：0.99、0.47、0.98，在（活/活）和（活/死）這兩組差異甚小與上述兩組不同，但在（死/死）組別與上述兩組相似。



圖十三、15-20g 文蛤相互敲擊錄音分析

(四) 20g 以上敲擊聲音分析

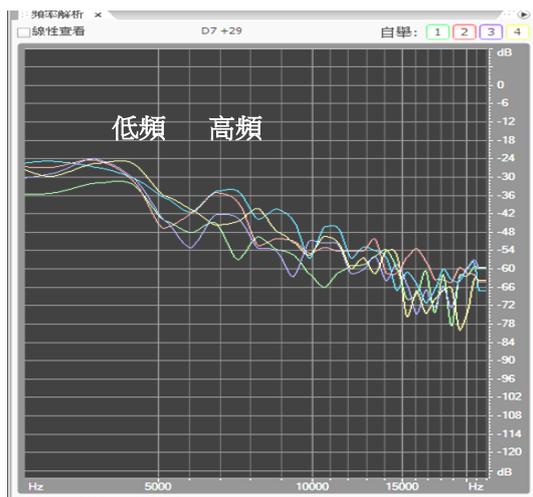
由圖十四，15-20g 的樣本中低頻區約在 3720Hz，高頻區約在 7165Hz。比值如下：0.52、0.31、0.81，在（活/活）比值與其他三組不同，但在（死/死）同樣呈現低頻聲音較高的趨勢。



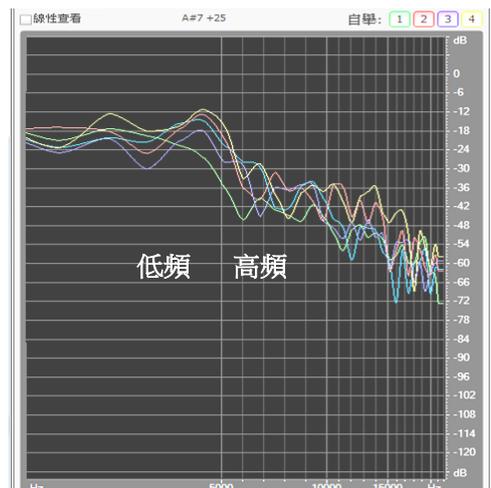
圖十四、20g 以上文蛤相互敲擊錄音分析

(五) 空殼敲擊聲音分析

空殼實驗為對照組，由圖十五，低頻在 3169Hz，高頻在 6752Hz。比值為 0.44，大致和（死/死）比例相近。在 20g 以上的空殼敲擊分析（圖十六）中，比值為 0.48，介於（活/活）和（死/死）之間。



圖十五、10-15g 文蛤空殼敲擊錄音分析



圖十六、20g 以上文蛤空殼敲擊錄音分析

聲音分析實驗得知：(1)新鮮的文蛤比值接近 1.1，(2)不新鮮的文蛤比值接近 0.5，(3)空殼敲擊實驗比值接近 0.5 與不新鮮的相近。

二、文蛤烹煮實驗

本實驗的想法來自於烤肉，常因為文蛤翻倒而湯汁流失。本實驗進行了 1.完全不翻面、2.隨機翻面、3.用水蓋過文蛤三組實驗。在完全不翻面組別，文蛤附著於上蓋為 100%，隨機翻面附著於上蓋為 66.7%，水煮的機率則接近 50%。顯示烤肉時必須經常翻面才不會導致開啟時，因重心不穩使湯汁流出。



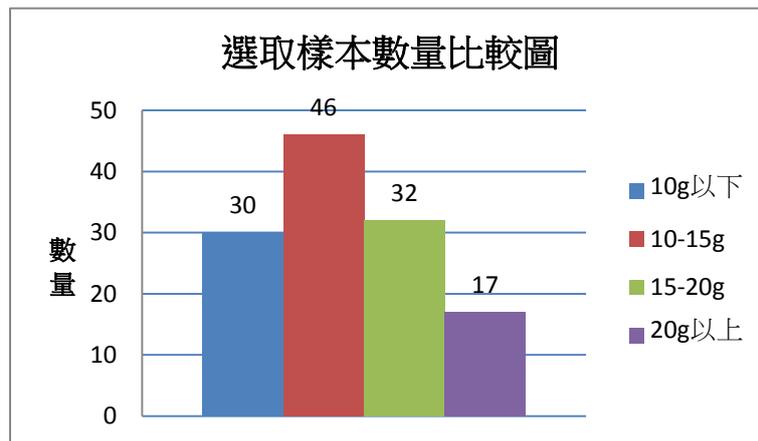
圖十七、文蛤烹煮實驗圖



圖十八、完全不翻面結果圖

三、文蛤分組實驗

材料取得來自於傳統市場，購買價格為 30~85 元一斤的文蛤，依其重量，重新區分成為 10g 以下、10-15g、15-20g 和 20g 以上四組，數量依序為 30、46、32、17 個，總數 128 個（實驗四所需材料）。



圖十九、文蛤選取樣本比較圖

四、文蛤基礎資料、閉殼肌拉力測定

本實驗探討各項數據與閉殼肌拉力的關係，共測量了 9 項原始數據，文蛤總重、蛤肉重、蛤肉乾重、文蛤殼重、閉殼肌重量、閉殼肌乾重、文蛤體寬、體高和拉力等數據，並藉由原始數據推算其閉殼肌的重量比例、單位拉力、蛤肉比例和含水量等數值。

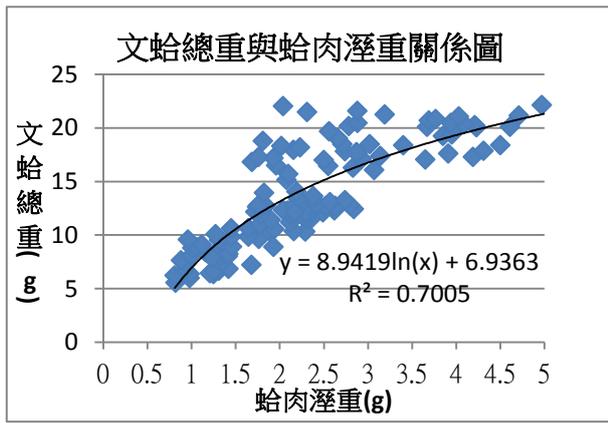
★各項數據分析

(一) 文蛤總重量比較

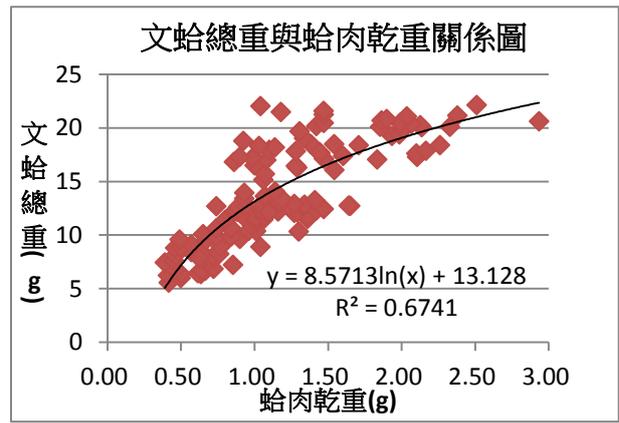
各組的平均為：7.87g、12.41g、17.71g、20.84g 以及全部平均 13.76g。統計上具有顯著差異 ($p < 0.05$)，顯示處理成 4 組是恰當的。

(二) 蛤肉溼重比較

各組平均為：1.24g、2.17g、2.87g、3.77g 以及全部平均 2.35g，統計上有顯著差異 ($p < 0.05$)，由圖二十發現蛤肉會隨著總重而增加，具有高度正相關 ($r = 0.83$)。



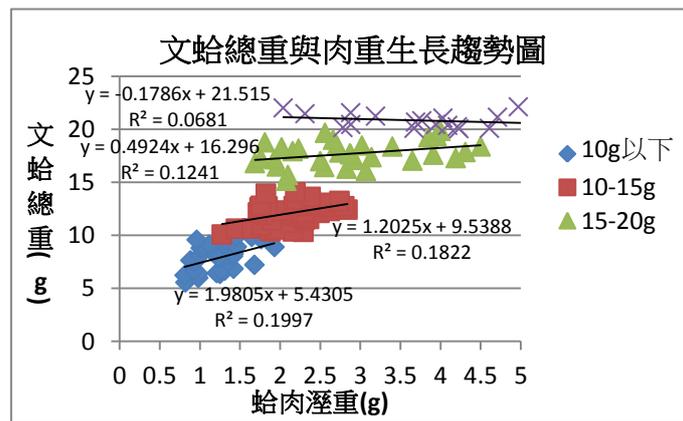
圖二十、總重與溼重關係圖



圖二十一、總重與乾重關係圖

(三) 蛤肉乾重比較

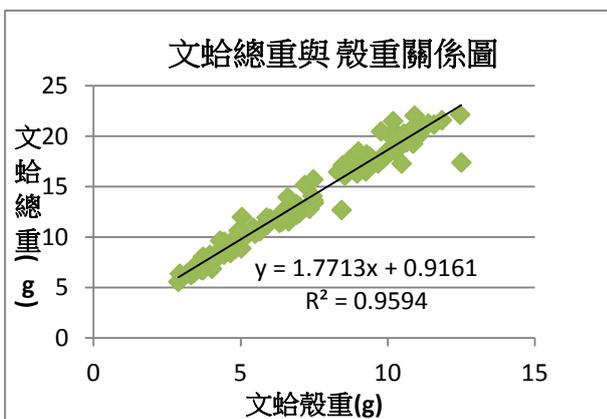
各組平均為：0.62g、1.10g、1.44g、1.90g 以及全部 1.18g，各組具有顯著差異(p<0.05)。圖二十一結果與溼重結果相似，具有高度正相關(r=0.81)。由圖二十二得知，總重增加時，蛤肉重的增加速率會趨緩，在 10g 組別斜率最高，超過 15g 組別的斜率則趨緩，顯示在幼年期的生長速度較快，重量較大的不一定具有較多的蛤肉。



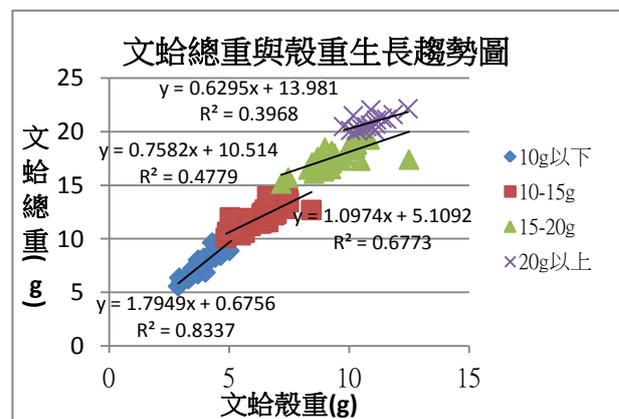
圖二十二、文蛤總重與蛤肉重生長趨勢圖

(四) 文蛤殼重比較

各組平均為：4.01g、6.41g、9.49g、10.90g 以及全部 7.25g，具有顯著差異(p<0.05)。由下圖，殼重與總重增加呈高度正相關 (r=0.97)。殼重增加速度與肉重增加速率相似。



圖二十三、總重與殼重關係圖



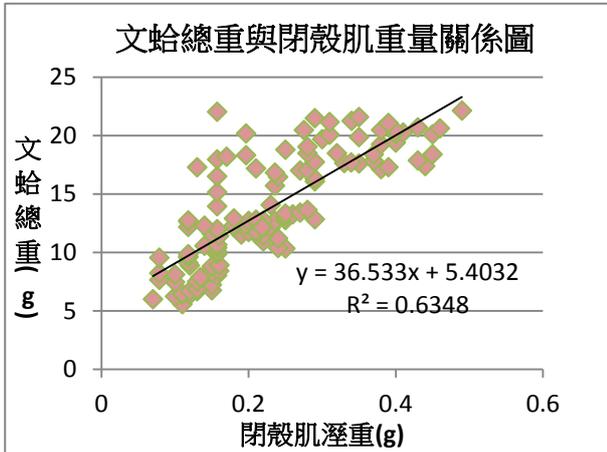
圖二十四、總重與殼重生長趨勢圖

(五) 文蛤殼寬、殼高比較

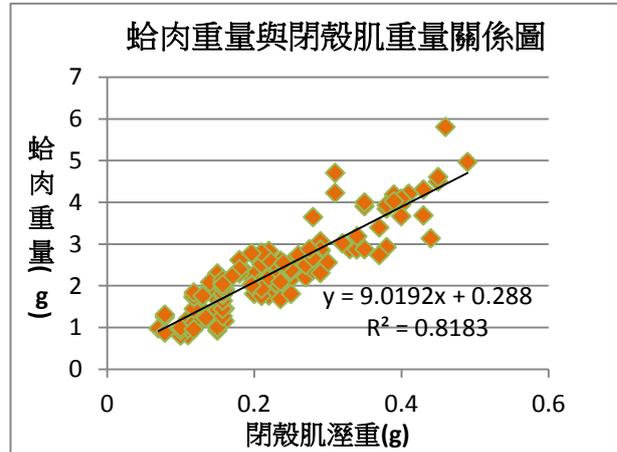
各組平均比值（寬/高）為：1.28、1.26、1.20、1.19 以及全部 1.24。由結果得知文蛤在生長時，一開始寬度的生長比高度快，但有漸漸趨緩的趨勢。

(六) 閉殼肌溼重比較

各組平均為：0.14g、0.21g、0.34g、0.39g 以及全部 0.25g，具有顯著差異($p < 0.05$)。下圖發現，蛤肉重量對於閉殼肌影響較明顯。



圖二十五、總重與閉殼肌重量關係圖



圖二十六、蛤肉重與閉殼肌重量關係圖

(七) 閉殼肌拉力比較

平均拉力為：1703g、2130g、2565g、2717g 以及 2221g，具有顯著差異($p < 0.05$)。閉殼肌拉力隨著重量增加，個體大有較高拉力。

(八) 單位閉殼肌產生的拉力比較

單位拉力（拉力/蛤肉重量）為：14.59kg、11.04kg、9.36kg、8.07kg 以及全部 11.05kg，具有顯著差異($p < 0.05$)。顯示個體越小其單位拉力越大。

(九) 閉殼肌占文蛤肉的比例

各組比例為：10.22%、9.35%、10.26%、9.56%，以及全部 9.82%，無顯著差異。顯示閉殼肌重量占蛤肉重有其固定比例。

(十) 蛤肉占總重的比例

各組比例為：15.83%、17.87%、16.19%、14.56%，以及全部 16.45%。在 10-15g 具有最高比例，而 20g 以上比例最低。

(十一) 蛤肉的含水率

各組比例為：50.25%、50.40%、50.21%、50.39%，以及全部 50.32%。顯示含水率約在 50% 左右。

由上述生態資料得知：

- (1)本研究的分組，是符合邏輯的。
- (2)文蛤的肉重、殼高、殼寬會隨著總重增加而遞增，但在個體大樣本中有減緩的趨勢。
- (3)閉殼肌會隨著重量而增加，以蛤肉重量最相關($r=0.9$)。
- (4)單位閉殼肌比較，單位拉力隨重量而遞減。
- (5)閉殼肌與蛤肉的比例中，無論大小均有固定比例(9.35-10.26%)。
- (6)蛤肉與總重的比例中，在 10-15g，有最高的蛤肉比例。
- (7)蛤肉含水量約為 50%。

表二、文蛤各項數據平均資料表

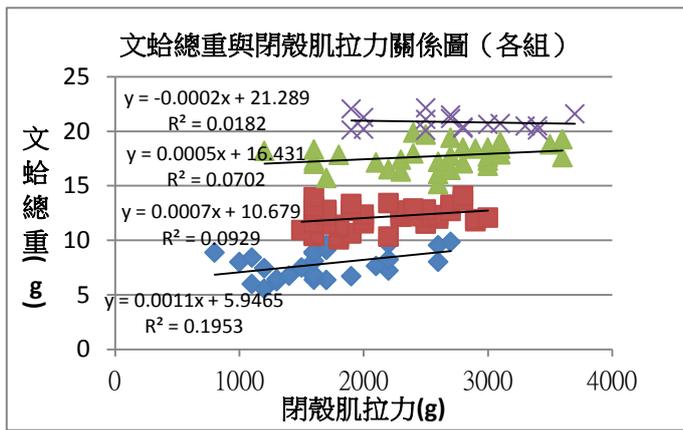
平均	10g 以下	10-15 g	15-20 g	20g 以上	全部平均
文蛤總重(g)	7.87±1.61	12.14±0.98	17.71±1.31	20.84±0.46	13.76±4.64
蛤肉濕重(g)	1.24±0.29	2.17±0.35	2.87±0.82	3.77±0.99	2.35±1.01
蛤肉乾重(g)	0.62±0.16	1.10±0.23	1.44±0.42	1.90±0.50	1.18±0.52
蛤殼重量(g)	4.01±0.65	6.41±0.74	9.49±1.04	10.90±0.68	7.25±2.56
殼寬(cm)	3.13±0.17	3.55±0.18	4.04±0.20	4.18±0.19	3.66±0.42
殼高(cm)	2.44±0.10	2.82±0.13	3.39±0.28	3.52±0.13	2.97±0.44
閉殼肌濕重(g)	0.14±0.02	0.21±0.03	0.34±0.05	0.39±0.06	0.25±0.1
閉殼肌乾重(g)	0.03	0.07	0.08	0.08	0.06
閉殼肌拉力(g)	1703±495	2130±439	2565±607	2717±558	2221±620
單位閉殼肌拉力(kg)	14.59	11.04	9.36	8.07	11.05
閉殼肌佔蛤肉比例(%)	10.22	9.35	10.26	9.56	9.82
閉殼肌佔總重比例(%)	1.59	1.66	1.65	1.71	1.65
蛤肉佔總重比例(%)	15.83	17.87	16.19	14.56	16.45
蛤肉乾重佔總重比例(%)	7.99	9.02	8.12	7.31	8.24
蛤肉含水比例(%)	50.25	50.40	50.21	50.39	50.32

★文蛤拉力與各項數據關係

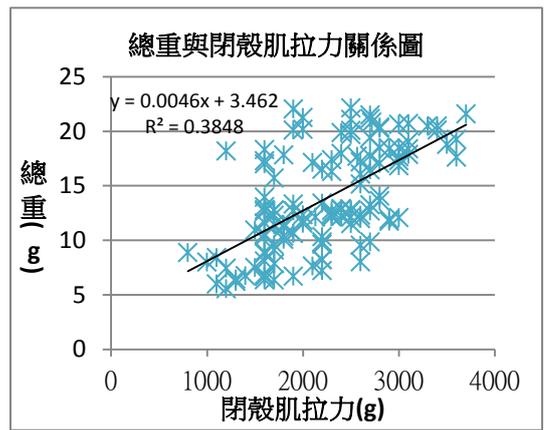
(一) 文蛤總重量與拉力關係

由圖二十七、二十八，拉力與總重量除了 10g 以下呈現中度正相關($r=0.47$)之外，其餘為低度相關，全部資料中，呈現中度正相關($r=0.61$)。顯示拉力與總重量呈現中度正相關趨勢。

(圖中藍色菱形代表 10g 以下、紅色方形代表 10-15g、綠色三角形代表 15-20g、紫色叉代表 20g 以上；趨勢線方程式由上至下依序為 20g 以上、15-20g、10-15g 以及 10g 以下。圖二十七至圖四十二均依此呈現)



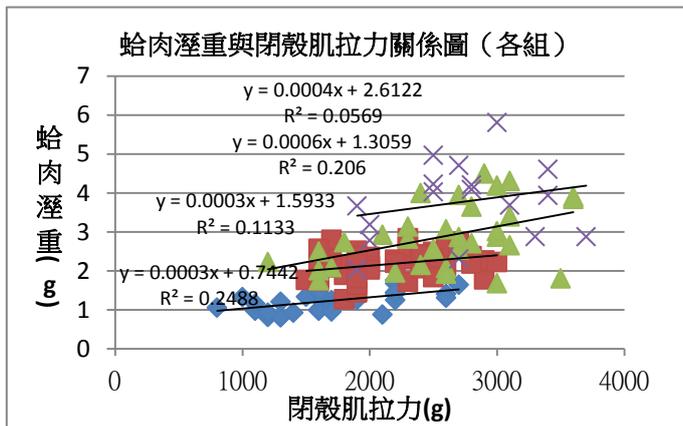
圖二十七、總重與拉力關係圖（各組）



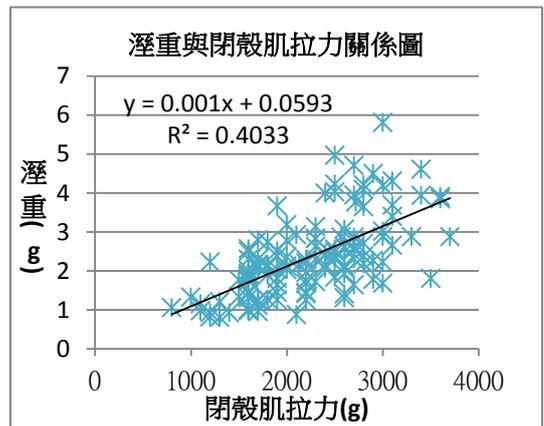
圖二十八、總重與拉力關係圖（全部）

(二) 蛤肉重與拉力關係

文蛤拉力與蛤肉重量在 10g 以下與 15-20g 組別，呈現中度正相關($r=0.48$ ， $r=0.44$)。在全部資料呈現中偏高度正相關($r=0.63$)。顯示拉力與蛤肉重量呈現中偏高度正相關趨勢。



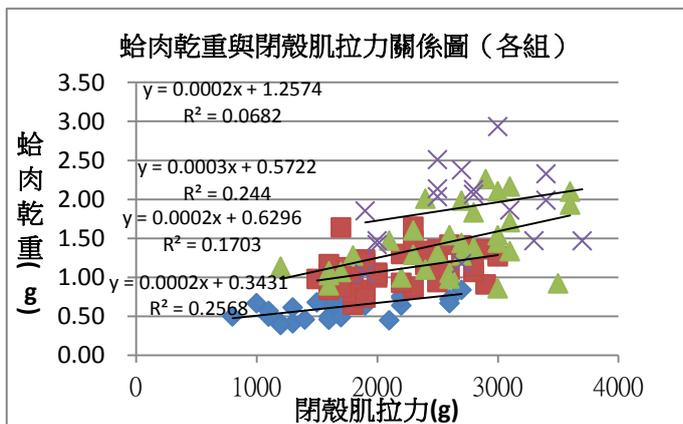
圖二十九、溼重與拉力關係圖（各組）



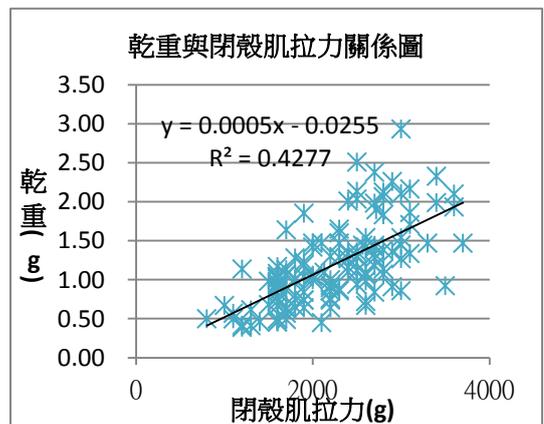
圖三十、溼重與拉力關係圖（全部）

(三) 蛤肉乾重與拉力關係

由下圖結果，在 10g 以下與 15-20g 組，呈現中度正相關($r=0.5$ ， $r=0.48$)。全部資料呈現中偏高度正相關($r=0.66$)。顯示拉力與蛤肉乾重有中偏高度正相關與溼重相似。



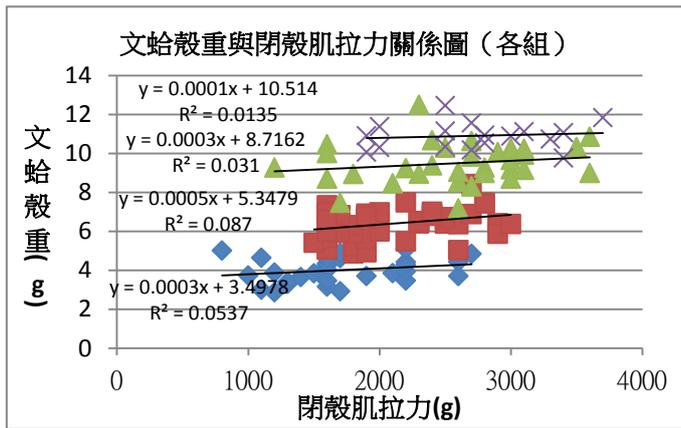
圖三十一、乾重與拉力關係圖（各組）



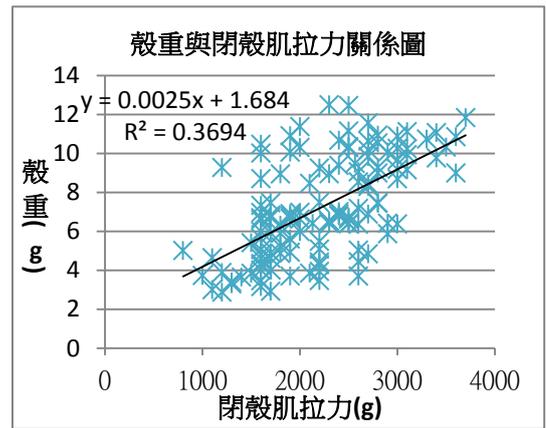
圖三十二、乾重與拉力關係圖（全部）

(四) 文蛤殼重與閉殼肌拉力關係

各組均呈現低度相關，全部資料呈現中度相關。顯示殼重與拉力關係並不明顯。



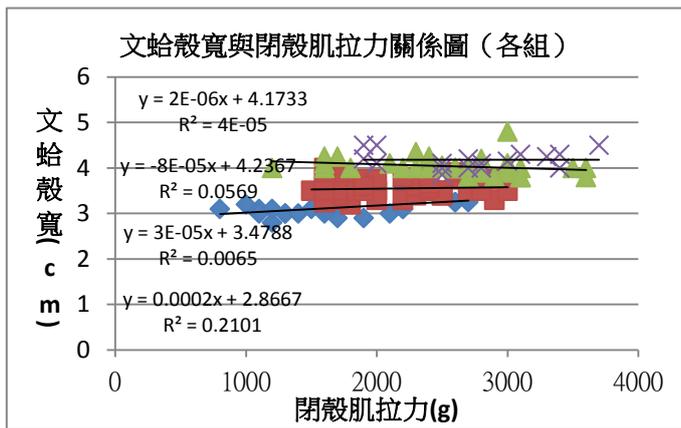
圖三十三、殼重與拉力關係圖（各組）



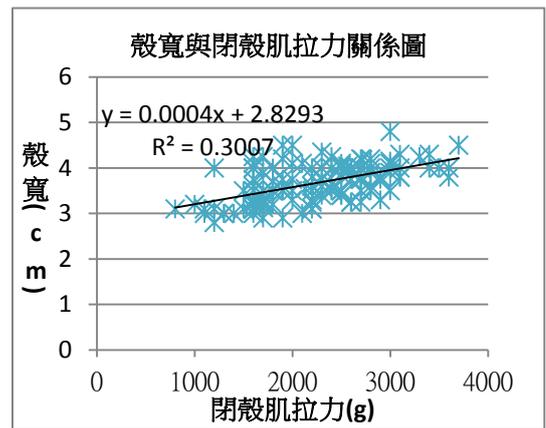
圖三十四、殼重與拉力關係圖（全部）

(五) 文蛤殼寬與拉力關係

10g 以下呈現中度正相關($r=0.45$)，其餘為低度相關。全部呈現中度正相關($r=0.54$)。顯示殼寬與拉力關係不明顯。



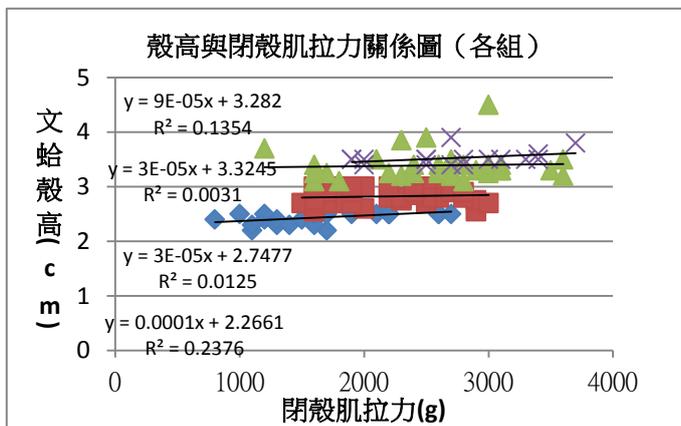
圖三十五、殼寬與拉力關係圖（各組）



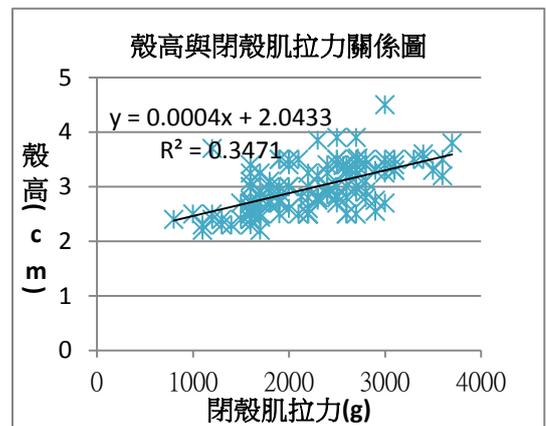
圖三十六、殼高與拉力關係圖（全部）

(六) 文蛤殼高與拉力關係

10g 以下呈現中度正相關($r=0.47$)，其餘為低度相關。全部呈現中度正相關($r=0.58$)。顯示殼高與拉力關係並不明顯。



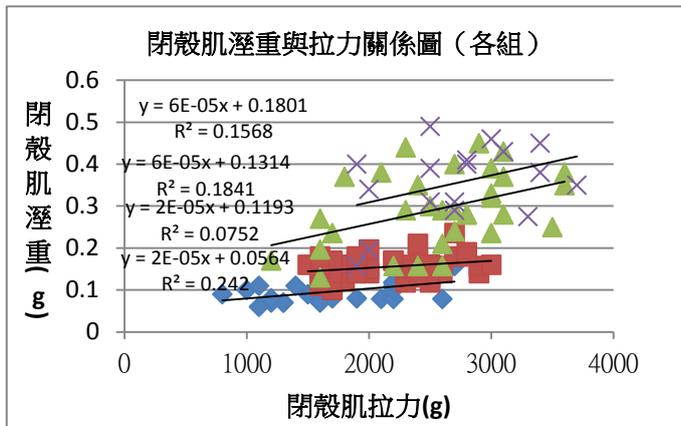
圖三十七、殼高與拉力關係圖（各組）



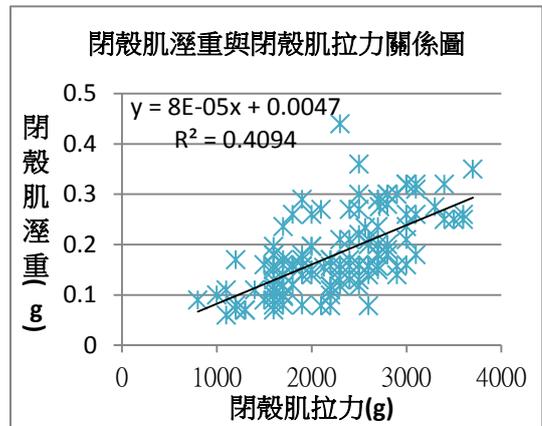
圖三十八、殼高與拉力關係圖（全部）

(七) 閉殼肌重量與拉力關係

10-15g 呈現低度正相關, 10g 以下、15-20g 和 20g 以上呈現中度正相關($r=0.49$ 、 0.42 、 0.38)，全部資料為中偏高度正相關($r=0.64$)，顯示閉殼肌重量與拉力呈現中偏高度的正相關趨勢。



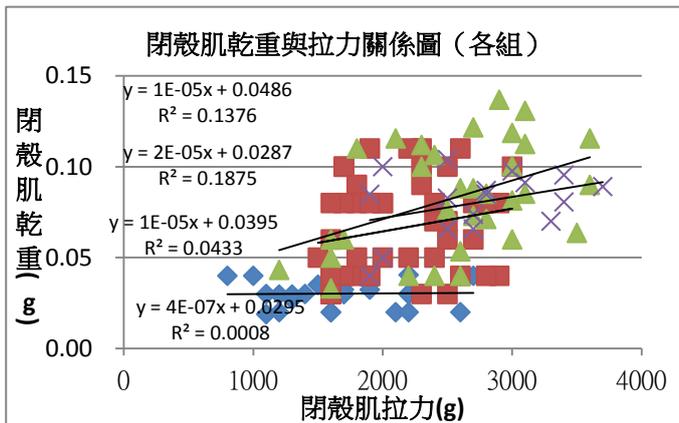
圖三十九、閉殼肌溼重與拉力關係圖 (各組)



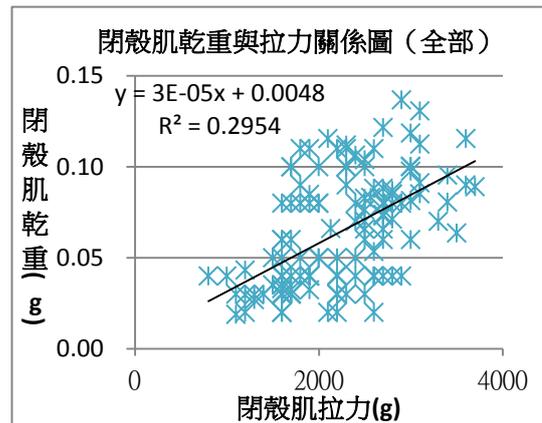
圖四十、閉殼肌溼重與拉力關係圖 (全部)

(八) 閉殼肌乾重與閉殼肌拉力關係

15-20g 和 20g 以上組別為中度相關, 其他為低度相關。全部資料呈現中度正相關($r=0.54$)。



圖四十一、閉殼肌乾重與拉力關係圖 (各組)



圖四十二、閉殼肌乾重與拉力關係圖 (全部)

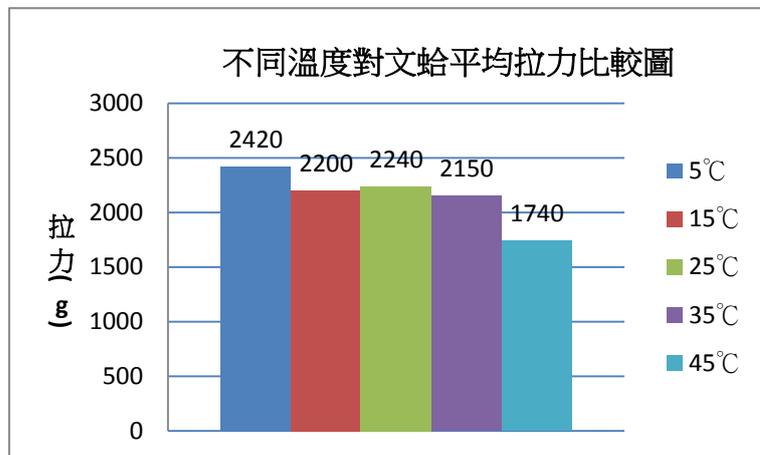
由文蛤的各項數據與拉力關係分析得知：影響拉力的原因主要為蛤肉重量和閉殼肌本身的重量，又以蛤肉乾重最相關 ($r=0.65$)。另外在閉殼肌乾重比較中發現，其相關程度趨勢與閉殼肌溼重對拉力的趨勢不同，研判是電子天秤精準度不足所影響。

五、測量文蛤兩端閉殼肌

本研究的 128 顆文蛤，有 12 顆為雙邊斷裂(9.3%)，116 顆為鈍端斷裂(90.7%)。對照測量的拉力，雙邊斷裂的數值大於組別平均，顯示雙邊斷裂也會產生較大拉力。鈍端平均重量為 0.07g，尖端為 0.18g，比值為 2.57 (尖/鈍)，與一般大眾認為兩端差不多的看法有所不同。

六、溫度對於拉力的影響

本實驗利用不同水溫：5°C、15°C、25°C、35°C、45°C，選取大小相似的文蛤，每組 5 個，測量溫度對於拉力影響，結果（圖四十三）發現超過 45°C 時，拉力有明顯下降，且具有顯著差異(p<0.05)，顯示文蛤的耐受度在 35-45°C 之間，低溫對於文蛤影響較高溫小。



圖四十三、水溫對於文蛤拉力比較圖

七、臺灣蜆生態資料及拉力測試

★各項數據分析

本實驗選用 29 個臺灣蜆，分成 5g 以下，及 5-10g 兩組。測量其各項數據，比較不同物種間的拉力差異。由表三得知臺灣蜆的平均總重小於文蛤；拉力測定上，臺灣蜆的拉力為 1368.9g，小於文蛤的各組數據（1703g、2130g、2565g、2717g），顯示閉殼肌的拉力與體型大小有相關。

在蛤肉比例上，體型與蛤肉的比例並非成正比，與文蛤相同；含水量測出平均為 46.31% 比文蛤略低一些（p=0.04）。

表三、臺灣蜆各項數據平均資料表

平均	5g 以下	5-10g	全部平均
總重(g)	3.72±0.52	5.64±0.48	4.44±1.06
蛤肉濕重(g)	0.71±0.13	1.03±0.12	0.828±0.19
蛤肉乾重(g)	0.31±0.08	0.52±0.11	0.391±0.14
蛤殼重量(g)	2.09±0.31	3.10±0.27	2.472±0.57
殼寬(cm)	2.16±0.16	2.51±0.18	2.293±0.24
殼高(cm)	1.87±0.13	2.14±0.12	1.972±0.17
閉殼肌濕重(g)	0.03±0.007	0.04±0.008	0.037±0.01
閉殼肌拉力(g)	1268.4±160	1536.36±143	1368.9±197
單位閉殼肌拉力(kg)	25.97±9.5	22.5±3.9	24.67±7.8

表三、臺灣蜆各項數據平均資料表(續)

平均	5g 以下	5-10g	全部
閉殼肌佔蛤肉比例(%)	4.63	4.27	4.492
閉殼肌佔總重比例(%)	0.87	0.77	0.833
蛤肉佔總重比例(%)	19.06	18.26	18.75
蛤肉乾重佔總重比例(%)	8.39	9.34	8.749
蛤肉含水比例(%)	43.61	50.81	46.31

表四、文蛤與臺灣蜆主要數據平均比較表

物種	平均總重 (g)	平均肉重 (g)	平均殼重 (g)	平均拉力 (g)	蛤肉比例(%)	含水量(%)
文蛤	13.76	2.35	7.25	2221	16.45	50.32
臺灣蜆	4.44	0.83	2.47	1368	18.75	46.31

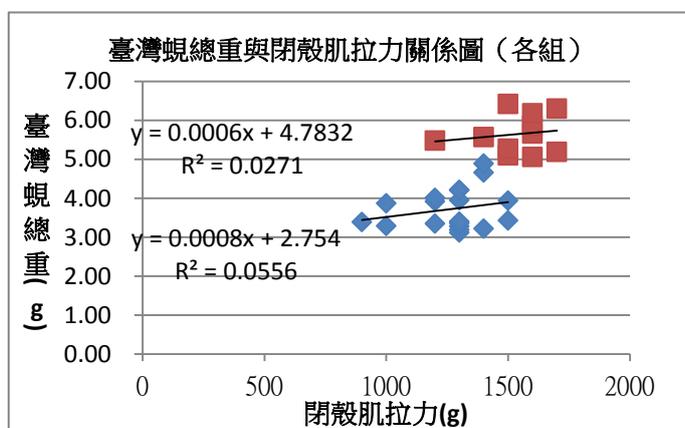
比較發現(表四)，不同物種均可得到重量越大其拉力越大的關係。臺灣蜆的蛤肉比例略高於文蛤，此外含水量約在 50%左右，並無顯著關係。

★臺灣蜆拉力與各項數據關係圖

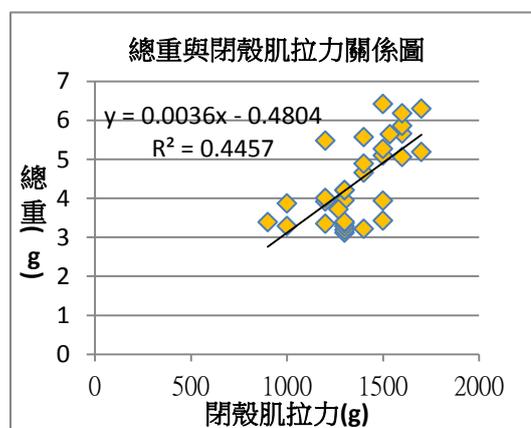
(一) 臺灣蜆總重與拉力關係

由下圖結果，各組的相關程度偏低($r < 0.3$)。全部資料呈現中度正相關($r=0.66$)。顯示拉力與總重呈現中偏高度正相關趨勢。

(圖中數據藍色菱形代表 5g 以下、紅色方形代表 5-10g；而趨勢線方程式由上至下依序為 5-10g 以及 5g 以下。圖四十四至圖五十七均依此呈現)



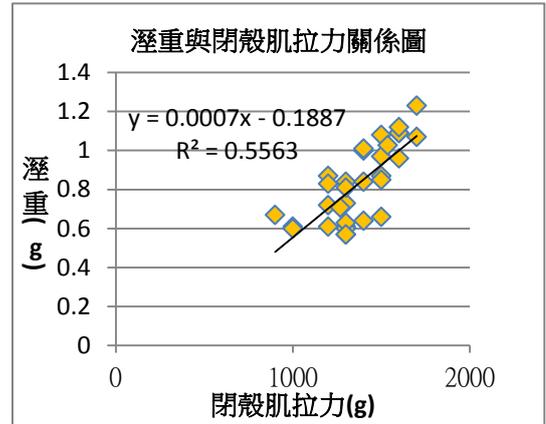
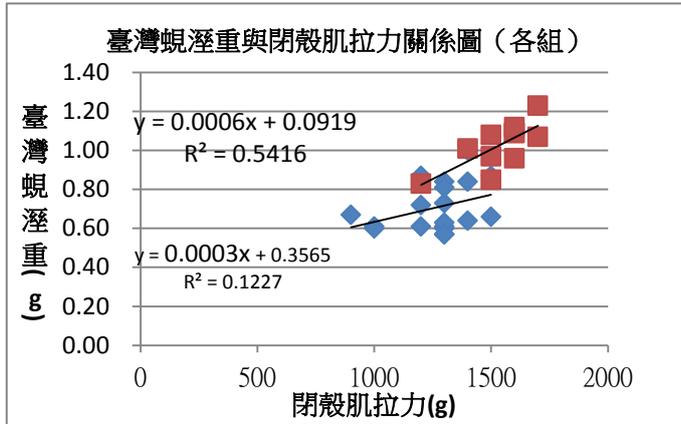
圖四十四、總重與拉力關係圖(各組)



圖四十五、總重與拉力關係圖(全部)

(二) 蛤肉重與拉力關係

由下圖結果，在 5-10g 組別具有高度相關。在全部資料中，呈現高度正相關($r=0.74$)。顯示拉力與蛤肉重量呈現高度正相關趨勢。

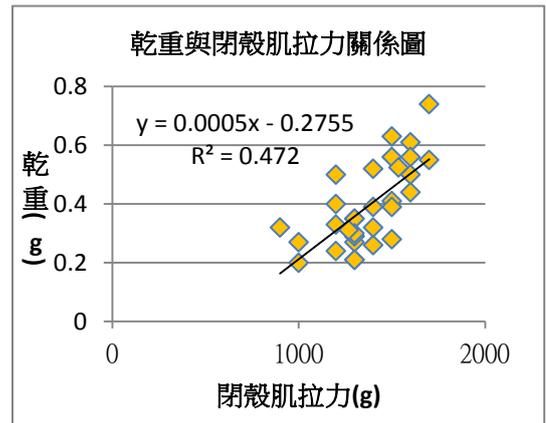
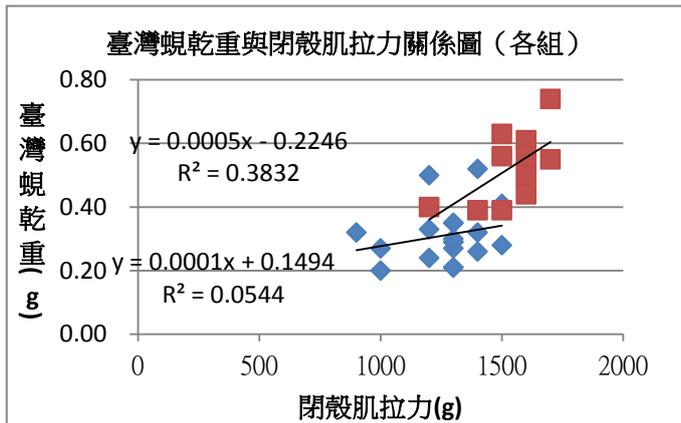


圖四十六、蛤肉溼重與拉力關係圖 (各組)

圖四十七、蛤肉溼重與拉力關係圖 (全部)

(三) 蛤肉乾重與拉力關係

下圖結果得知，全部資料呈現中偏高度正相關($r=0.68$)。顯示拉力與蛤肉乾重呈現中偏高度正相關趨勢。由乾重與溼重對拉力比較，閉殼肌拉力受到蛤肉重量影響，具有正相關。

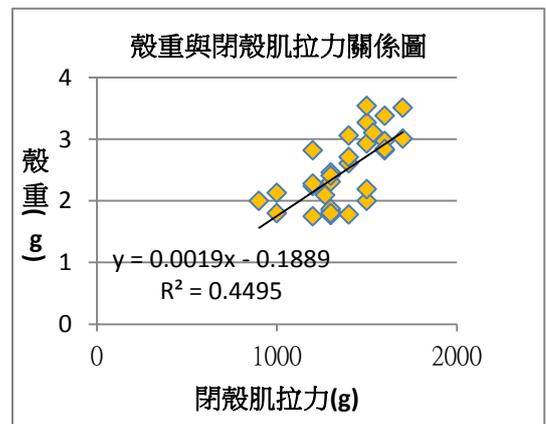
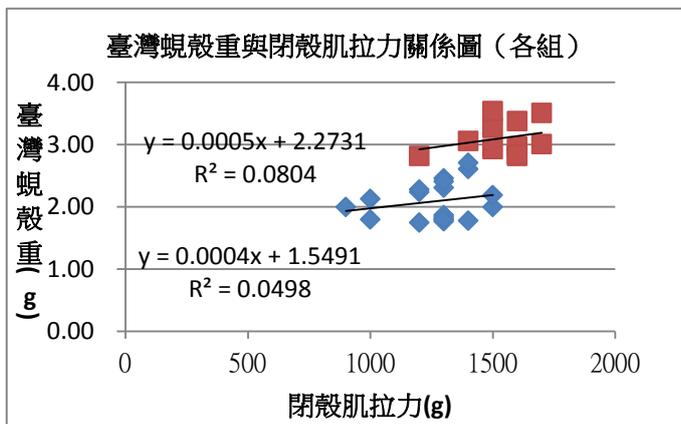


圖四十八、蛤肉乾重與拉力關係圖 (各組)

圖四十九、蛤肉乾重與拉力關係圖 (全部)

(四) 臺灣蜆殼重與拉力關係

各組的相關程度偏低($r=0.3$)；全部資料現中偏高度正相關($r=0.67$)。

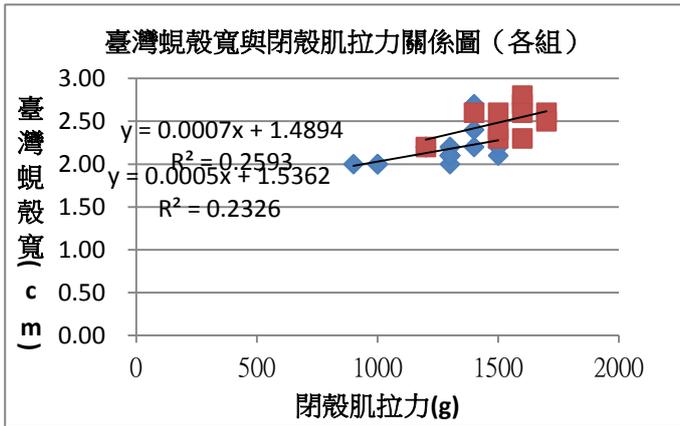


圖五十、殼重與拉力關係圖 (各組)

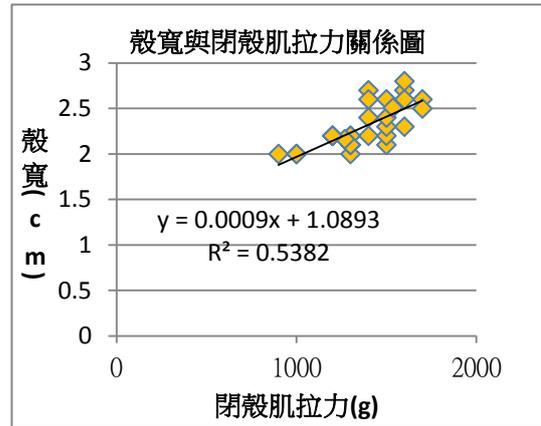
圖五十一、殼重與拉力關係圖 (全部)

(五) 臺灣蜆殼寬與拉力關係

由下圖結果得知，全部資料顯示殼寬與閉殼肌拉力呈現高度相關。



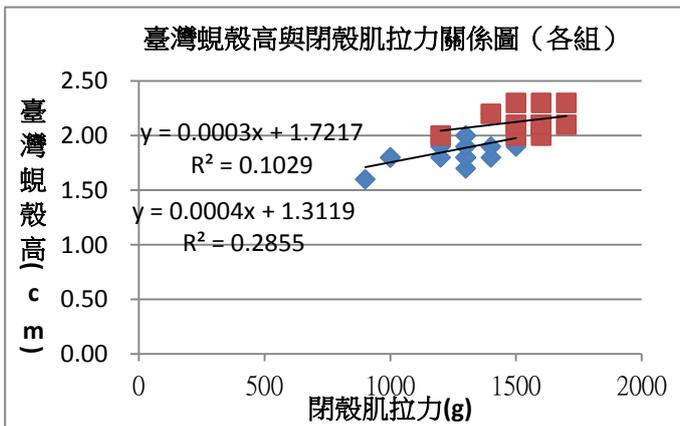
圖五十二、殼寬與拉力關係圖 (各組)



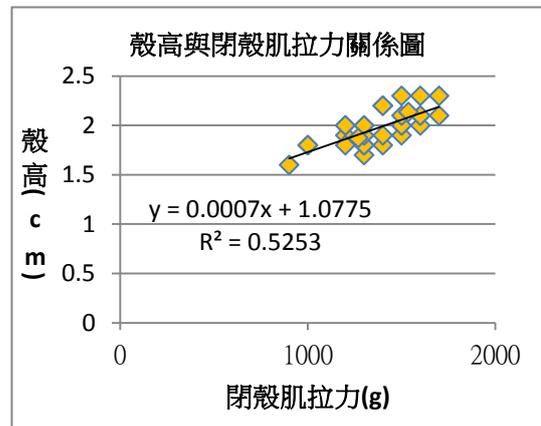
圖五十三、殼寬與拉力關係圖 (全部)

(六) 臺灣蜆殼高與拉力關係

由下圖結果得知，各組中殼高與拉力呈現中度相關，全部資料則呈現高度相關。



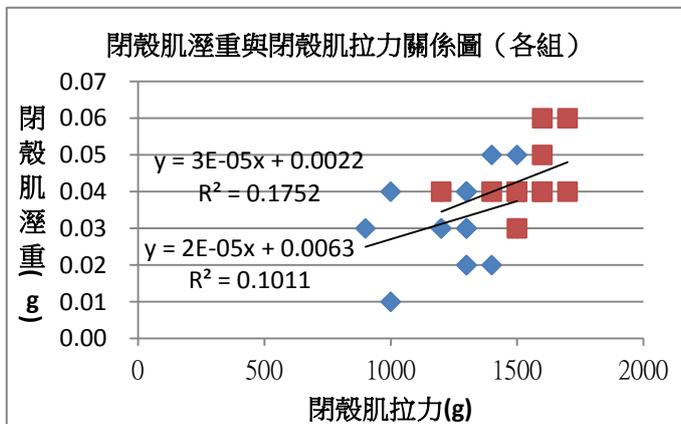
圖五十四、殼高與拉力關係圖 (各組)



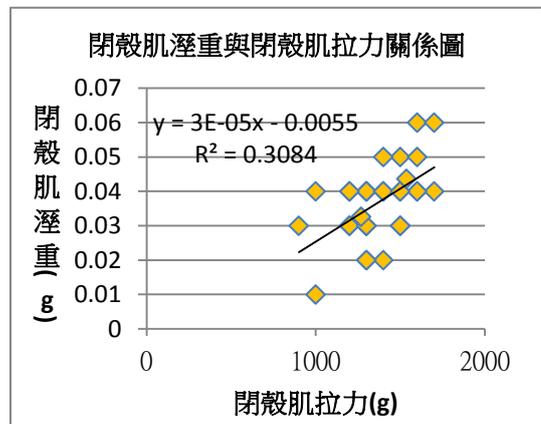
圖五十五、殼高與拉力關係圖 (全部)

(七) 閉殼肌重量與拉力關係

由圖五十六與五十七結果得知，在閉殼肌溼重與拉力關係實驗得知，閉殼肌重量與拉力具有中度相關。



圖五十六、閉殼肌重量與拉力關係圖 (各組)



圖五十七、閉殼肌重量與拉力關係圖 (全部)

由臺灣蜆的結果，蛤肉的溼重會對於閉殼肌產生影響，這點與文蛤相似。但臺灣蜆的殼寬與殼高對於拉力的相關性也呈現中到高度相關，此點與文蛤較為不同。比較兩物種趨勢可得到蛤肉重量對於閉殼肌影響最相關，另外閉殼肌本身的大小也是影響拉力的原因之一。

★臺灣蜆閉殼肌斷裂位置分析

表五、文蛤與臺灣蜆閉殼肌比較表

物種	平均總重 (g)	平均肉重 (g)	平均拉力 (g)	鈍端(g)	尖端(g)	鈍端/尖端
文蛤	13.49	1.94	2117.67	0.07	0.18	2.57
臺灣蜆	4.44	0.82	1368.9	0.023	0.036	1.67

實驗結果發現，研究中的 29 個樣本，鈍端斷裂有 15 個，雙邊斷裂有 14 個，比例相近於 1：1，與文蛤高比例的鈍端先斷裂有所差異（90.7%）。進一步研究發現，臺灣蜆閉殼肌的平均重量在鈍端為 0.023g，尖端為 0.036g 比值為 1.67；與文蛤的 2.57 比值不同，研判造成兩物種閉殼肌斷裂位置的不同主要來自於此兩物種的比值有所差異造成。

陸、討論

一、文蛤分組問題

本研究原本分組立場是以菜市場買回來的文蛤，依價錢分組。但發現雖然在價錢上有所差異，仍然會有少數個體偏離原先利用價錢分組的問題。故最後打破價錢組別，利用總重量從新分組，分成 10g 以下、10-15g、15-20g、20g 以上四組，並利用統計分析證明此四組有顯著差異再進行下列實驗。

在部分相關分析中發現，各組之間大部分均有顯著差異，惟在 15-20g 與 20g 兩組之間的差異不大，故可以改變其分組方式，利用蛤肉重量區分，這樣也許更適合探討蛤肉重量與閉殼肌的關係。

二、20g 組別在聲音敲擊分析與其他組別趨勢的不同

本研究利用相互敲擊檢驗文蛤新鮮度，除 20g 組別之外均可得到相同趨勢（表六），在活的文蛤中高頻的聲音響度較大，此與一般大眾認知越新鮮的文蛤其聲音越響亮清脆相似。檢視波形圖發現具有兩部分的頻率，高頻約在 6200Hz，低頻約在 4200Hz 左右，在（死/死）組別的比例和空殼類似，都是低頻響度較大，因此本研究推斷高頻聲音來自於殼本身，低頻聲音來自於文蛤內部所發出，因為不新鮮的文蛤內部會有空氣填充與空殼內部較相似，且因為空腔較大造成共鳴腔大，故低頻的聲音在不新鮮個體相對於高頻聲音大，此結果也與一般人認為死文蛤聲音較沈結果相似。

在 20g 組別的文蛤趨勢與其他組不相同，檢視 20g 組別的數據發現，依然可以得到（死/死）的比例低於（活/活）的趨勢，而造成 20g 的比例差異推斷與殼內空腔大小有關，因為 20g 的蛤肉比例相對較低，造成的空腔較大，是否造成此差異可再進一步研究。

另外根據本研究結果，要利用聲音敲擊法來判別文蛤是否新鮮，第一個標準必須選擇不新鮮的文蛤，這樣選到不新鮮的文蛤時，敲擊聲音差異較為明顯，比較容易篩選出其他不新鮮的文蛤，以免買到不新鮮的文蛤壞了一鍋湯。

表六、文蛤相互敲擊聲音頻率比較表

高頻/低頻	10g 以下	10-15g	15-20g	20g 以上	10-15g 空殼	20g 空殼
活 v.s 活	1.18	1.18	0.99	0.52	0.44	0.48
死 v.s 死	0.4	0.46	0.47	0.31		
活 v.s 死	0.99	0.87	0.98	0.81		

三、文蛤烹煮實驗為何蛤肉最後都附著於上蓋情況

本研究利用不同的烹煮條件研究文蛤受熱打開情況，結果發現若烹煮過程中都不翻面，則蛤肉均會附著於上蓋，推斷為受熱不均造成，因為底部加熱使接觸熱源的面先熟，導致肌肉萎縮最後脫離殼面，造成蛤肉附著於上蓋的情況。故烤肉時若要喝到鮮美的湯汁，必須時常翻面使受熱均勻這樣才不會因為文蛤打開瞬間因為重心不穩傾倒，導致湯汁流失的情況。

四、實驗中固定文蛤及拉力測定的探討

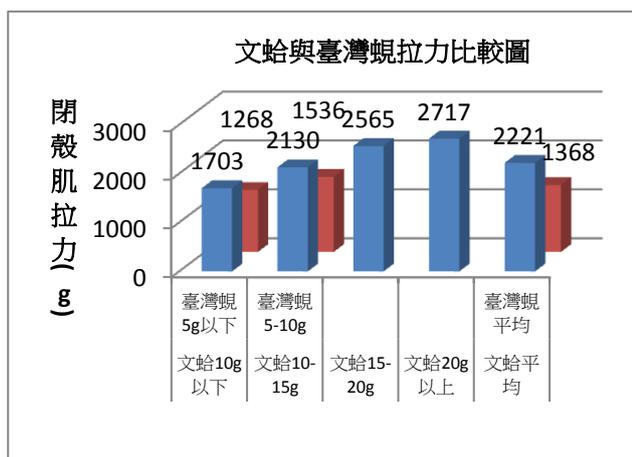
本研究嘗試各式方法來固定文蛤，並設法測量其拉力，經過多次失敗之後。發現利用雙鉤鉤住文蛤以及將釣魚線改成細鋼索，這樣的改良才能夠不會在測量拉力時脫鉤，造成魚鉤彈出以及魚線斷裂，避免發生危險。測定文蛤的拉力為了避免肌力疲乏，本實驗均是迅速的將砝碼掛在上面以避免疲乏。另外本實驗的拉力測定以 100g 的砝碼為單位，若可以在用較小的砝碼為單位，可使實驗的精準度更加提高。

五、閉殼肌乾重與閉殼肌拉力測量

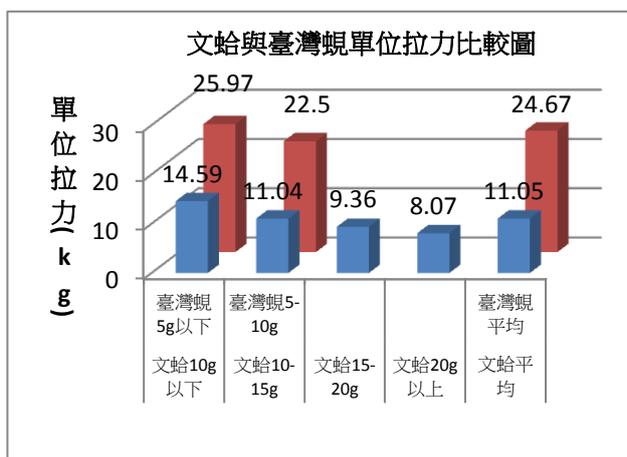
研究結果顯示，乾重與拉力的相關性呈現低度甚至負相關，研判原因應該與電子天秤有關，本研究所使用的電子天秤精確數值只能到 0.01g，而乾重的範圍在 0.01~0.07g 之間，故無法有效的測量到小數點後第三位，導致誤差過大，因此造成分析結果與其他數值不同。而在臺灣蜆的測定中更因為電子天秤的問題，以致於臺灣蜆的閉殼肌乾重無法測定(<0.01g)，故並沒有將其乾重作為比較項目，且臺灣蜆的溼重也可能因為精密度而造成差異。若可以找到更精密的儀器，則可以更精準的測量出乾重與閉殼肌的關係。

六、單位閉殼肌產生的拉力關係

研究中發現單位閉殼肌產生的拉力，會隨著文蛤肉變重而變少，且在臺灣蜆中也可發現這樣的關係。雖然整體拉力還是總重越高，拉力越大，但單位拉力卻是反過來。本研究推斷在文蛤小的時候，容易被捕殺，因此野生文蛤必須能夠躲過掠食者的捕殺才能順利長大。個體較小時，總拉力較小，但為了維持免於被天敵捕捉的力量，單位閉殼肌所產生的拉力必須比較大才能夠抵禦天敵，順利成長。故推斷可能為單位閉殼肌為何在個體小的時候產生的力量比較大的原因。



圖五十八、物種間閉殼肌拉力比較圖



圖五十九、物種間單位拉力比較圖

七、溫度對於文蛤拉力影響

研究發現文蛤拉力在 45°C 時有明顯降低情況，在 5-35°C 則差不多，由此得知文蛤的生長環境高溫可耐至 35°C 左右，高於此溫度會造成活動力下降或死亡情況。結合文蛤野外分佈資料，文蛤可從日本到臺灣一帶，故推斷文蛤的適溫範圍廣大，但在高溫中會造成蛋白質變性，故使其閉殼肌拉力下降。

八、文蛤與臺灣蜆閉殼肌差異比較

研究發現閉殼肌的拉力，在不同物種之間均得到與蛤肉重量成正比的關係，顯示閉殼肌的大小與蛤肉重量最具相關，起初研究假設閉殼肌本身重量是影響拉力的最主要因素，但與研究後結果略有不同，推論拉力的產生不僅是閉殼肌本身所造成，有一部份力量來自於蛤肉本身，故造成拉力的大小與蛤肉重量最有相關。

另外在單位閉殼肌探討發現，臺灣蜆的單位閉殼肌拉力遠大於文蛤，這一點可再結合生態資料進一步討論，或再增加不同物種一起比較。

九、閉殼肌鈍端與尖端斷裂比例的探討

研究發現，文蛤鈍端斷裂的比例高達 90.7%，且比較兩邊閉殼肌大小，尖端/鈍端為 2.57，顯示一般人認為兩端差不多是錯的。進一步探討鈍端會先斷裂原因是鈍端的閉殼肌較小，拉力不足在加上不對稱，所以容易造成鈍端先斷裂情況。而在臺灣蜆的實驗中卻發現鈍端斷裂的比例約在 52%，閉殼肌兩邊大小比值為 1.67，這樣的結果與文蛤差異很大。研判與生活環境有所不同，因本次實驗所選用的文蛤為文蛤科，臺灣蜆為蜆科，期許未來可以找尋更相似物種進一步探討，不同貝類之間的閉殼肌大小是否有所差異。

柒、結論

本次研究結果，做出以下結論：

- 一、聲音敲擊法可檢測文蛤新鮮度，在活活組別比值 1.14（高頻/低頻），死死=0.47，活死=1，顯示測定新鮮度時，對照組拿的是不新鮮的文蛤，比較容易找到不新鮮的個體將其淘汰。
- 二、兩物種均可得到拉力與蛤肉重量呈正相關，且單位拉力會隨著重量而遞減。
- 三、文蛤蛤肉的比例在 10-15g 有其最高比例(17.8%)，是最符合經濟效應的購買價位（一斤 50 左右）。
- 四、文蛤蛤肉的平均含水量約為 50%略高於臺灣蜆的 46.3%。
- 五、文蛤閉殼肌與蛤肉比例有其固定比例約為 9.3-10.2%之間，臺灣蜆的比例約在 4.5%。顯示物種之間具有差異。
- 六、文蛤閉殼肌的斷裂位置有很高比例均在鈍端(90.7%)，而臺灣蜆鈍端斷裂比例為 (50.2%)。
- 七、文蛤閉殼肌的兩端並不對稱，尖端大於鈍端約為 2.57 倍，臺灣蜆的比例為 1.67 倍。
- 八、當溫度超過 35°C，會使閉殼肌拉力下降，顯示文蛤的生長環境應不超過 35°C。

根據研究結果，期許未來可以再加入其他物種探討不同物種間閉殼肌的比較，以及深入探討肌纖維數量與閉殼肌的關係。期望從加深加廣的兩條路徑，能夠更加瞭解自然中的秘密。

捌、參考文獻

1. 文蛤構造圖-冷氣團。2012 年 3 月 17 日。 <http://linys17.pixnet.net/blog>。
2. 貝類人文。2011 年 11 月 20 日。 <http://shellmuseum.sinica.edu.tw/learning02a.php?SID=5>。
3. 李昆叡等，2003。文蛤噴水行為研究。中華民國第四十四屆中小學科學展覽說明書。
4. 林明炤，1994。無脊椎動物的靜水骨骼。科學月刊。294。
5. 邱璟築等，2012。生命現象之活蛤蜊與死蛤蜊。新北市 100 學年度中小學科學展覽說明書。
6. 維基百科-文蛤。2011 年 11 月 20 日。 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%96%87%E8%9B%A4>。
7. 廖佳微等，2009。開合之間的奧秘。中華民國第四十九屆中小學科學展覽說明書。
8. 陳讚昌，1994。臺灣蜆的生殖生態學之研究。貝類學報。18：55-73。
9. 臺灣水產種苗協會。2011 年 11 月 25 日。 <http://www.fish.org.tw/chinese/Hard%20clam.html>。

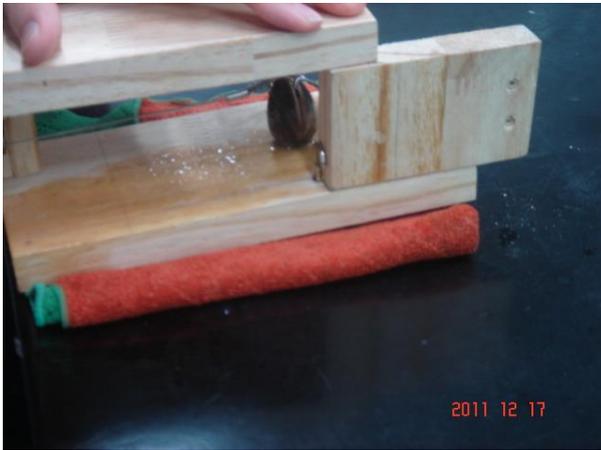
附錄-實驗照片



附圖一、閉殼肌拉力測定準備中



附圖二、閉殼肌拉力測定中



附圖三、閉殼肌拉力測定情形



附圖四、閉殼肌斷裂後將蛤肉取下情況



附圖五、閉殼肌兩端比較圖



附圖六、文蛤烘乾後情況

【評語】 040705

自製閉殼肌拉力測試計，做各種的比較分析處理，實際應用良好，建議：1.數據統計處理。2.聲音測試的穩定性及操作方式可改良。