

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

佳作

030306

森「螺」萬「像」——探討斑蝥習性與其生存環境的關係

學校名稱：宜蘭縣立復興國民中學

作者： 國二 林佑亭 國二 潘冠衡	指導老師： 陳 卉 呂俊賢
-------------------------	---------------------

關鍵詞：斑蝥、食性、生活習性

摘要

斑蝟(*Melanoides maculata*)為 2005 年台灣發表的記錄種，在外形上與網蝟(*M. tuberculata*)非常相似，斑蝟口蓋旁有條黑色弧線，是辨別此兩種螺類最明顯的特徵。斑蝟除了會攝食微藻外，亦須攝食一些其他的有機碎屑，才能維持正常的活動力，因此主要生存在底質為泥沙的天然環境中。斑蝟腹足吸附力不強，體長 1.8~2.2cm 的斑蝟，最大吸附力約為 0.52 gw。斑蝟的外殼並非撐著，而是貼在水域底部，故只有在移動時，腹足才需使力；呈流線形的外型可讓斑蝟在底部移動時，降低水的阻力。斑蝟爬行角度不可超過 150°、水流強度不可超過 20 cm/s，因此水利工程除須考慮底質組成，亦需考量牆面設計及流速。

壹、研究動機

我們學校附近的池塘中居然發現了「燒酒螺」，這種螺類具有流線型錐狀外殼，與課本軟體動物門的圖片、野外看到的非洲大蝸牛和田裡的田螺、福壽螺外型差異非常大，查了資料後發現，這也是一種淡水螺，而且是台灣 2005 年才發表的記錄物種，我們對牠的習性感到好奇，牠為什麼都在池塘底部移動，底部有牠的食物嗎？牠的外殼平貼在泥沙上，其流線形的外型是否是為了適應水流強度？於是我們決定把它當作科展題目。

貳、研究目的

- 1.了解斑蝟的外型特徵。
- 2.探討斑蝟的食性。
- 3.探索斑蝟的移動特徵。
- 4.探討斑蝟的習性與其他螺類的差異。
- 5.了解斑蝟特性與其生存環境的關係。

參、實驗生物與研究設備

一、實驗生物: 斑蝟(*Melanoides maculata*)

科學分類與生存環境

屬腹足綱(Gastropoda)、吸螺目(Sorbeoconcha)、跑螺科(Thiaridae)、擬黑螺屬(*Melanoides*)。主要棲息在河川、池塘(圖 1)。



圖 1:斑蝟生活環境

外型特徵

右旋、長塔型、黃褐色。具明顯的縱肋，在體螺層的縱肋下方可見深褐色斑紋，是斑蜷最容易辨認的特徵(圖 2)，故名斑蜷。殼口呈卵形，口蓋亦為卵形，深褐色，小於殼口。



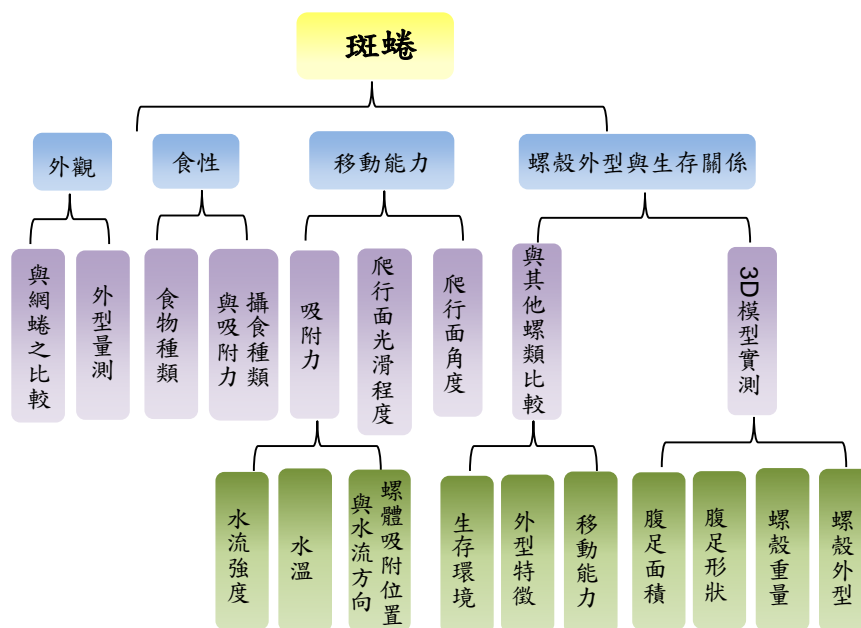
圖 2:斑蜷外型

二、研究設備

網蜷(*Melanoides tuberculata*)、錐蜷(*Stenomelania plicaria*)、石田螺 (*Sinotaia quadrata*)、台灣類扁蜷(*Polyphylis hemisphaerula*)、玻璃缸(43* 20* 23.5 cm)、外掛式馬達(型號 OTOTTO HF360 :(Max Flow:360L/H)(Watt =4.5 W))、保麗龍球、流道(透明壓克力)、碼錶、水砂紙(80 號、320 號、1500 號(每一平方英尺網目數))、沙子(直徑 0.3、1.6、3.5mm)、縮時攝影機、睡蓮、水蘊草、蝦、魚飼料、長鑷子、相機、酒精燈、池塘底泥、熱熔膠、防水性黏土、壁貼、量角器、撈網、燒杯、試管、滴管、壓克力透明方盒、尺、Movies Maker 軟體、Image J 軟體、123D Design 繪圖軟體、3D 列印機、電子天秤

肆、研究步驟

研究架構



一、斑蝨外型特徵

(一)斑蝨與網蝨的差異

1.查詢資料

因為斑蝨與網蝨外型非常相似，我們起初認為是同一種，因此我們上網查詢斑蝨和網蝨的 DNA 相關研究資料。

2.外型比較

DNA 研究結果，斑蝨和網蝨確實為兩個物種，因此我們想進一步瞭解這兩種螺類的外型差異。

(二)觀察斑蝨外觀

1.利用解剖顯微鏡觀察斑蝨外型構造，並標示各部位名稱。



圖 3：斑蝨外觀構造名稱

(三)量測斑蝨外殼基本資料

- 1.紀錄螺的螺層數量及各螺層的長度。
- 2.殼長、殼寬、殼口長和殼口寬測量。
- 3.重量測量:用衛生紙擦乾外殼再秤重。

二、斑蝥食性調查

(一)觀察攝食食物種類

- 1.我們想瞭解斑蝥會攝食哪些食物，因此準備 5 個 500ml 燒杯，使水深 10 cm，分別放入 1cm² 已覆滿微藻塑膠片、已裁剪成 1cm² 的睡蓮、1 g 的水蘊草、飼料、蝦屍體。
- 2.每一個容器再放入五隻斑蝥(殼長約 1.8~2.2 cm)，利用攝影機觀察斑蝥攝食情況。



圖 4：實驗食物種類

(二)攝食底泥

- 1.上網查詢資料，提到斑蝥會攝食微藻，因此我們利用塑膠片(1cm²)培養微藻供斑蝥攝食，但我們發現此種方式斑蝥存活時間不長，進一步以斑蝥生長環境中泥沙培養斑蝥，發現斑蝥不僅存活率高且活動力佳。
- 2.我們思考會有這種情況的原因，可能是底部的泥沙除了有微藻外，還有礦物質、有機物質，例如魚蝦屍體和排泄物。因此我們設計四個實驗組：煮沸^{註 1}過的底部泥沙(圖 5)、煮沸過的底部泥沙加上微藻、微藻、微藻加上魚飼料和對照組只放底部泥沙進行實驗。

註 1：我們將蝦子煮熟餵食斑蝥，斑蝥不會攝食。故將底部泥沙煮沸後，我們認為可去除有機物質的影響。

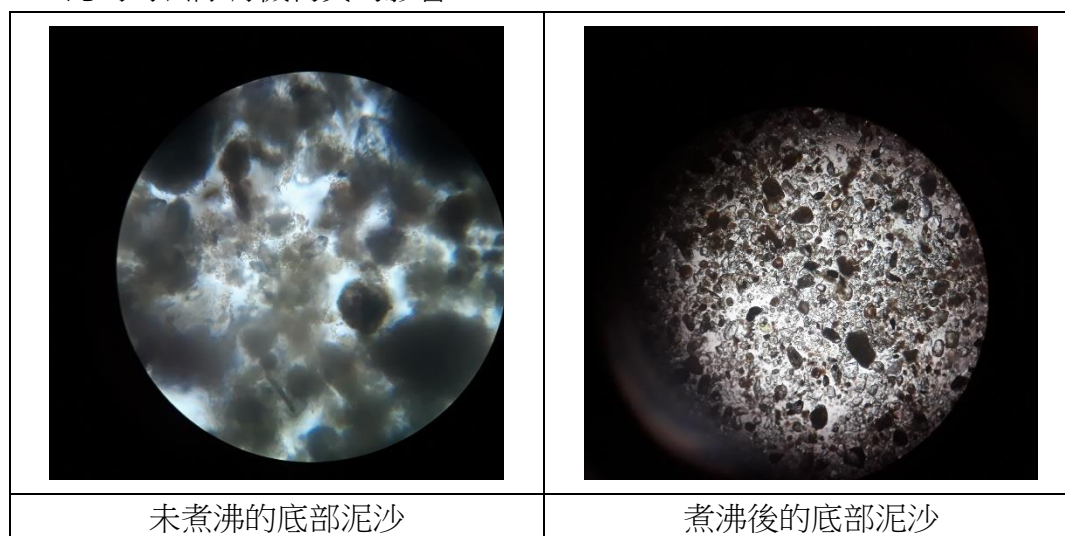


圖 5：煮沸前後之底部泥沙顯微照片

3.各組放入三隻斑蝥(殼長約 1.8~2.2 cm)進行實驗，每五天測試一次斑蝥的吸附能力。

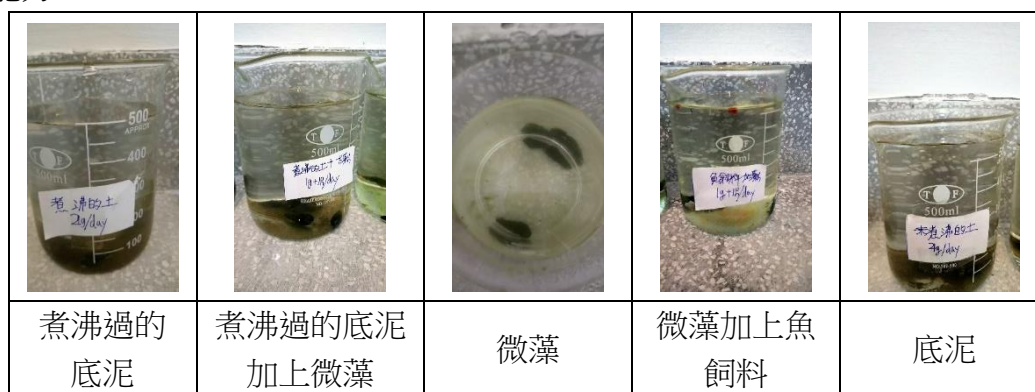


圖 6：實驗食物形式

三、斑蝥移動能力

(一)固定式粗糙面對斑蝥移動速度的影響

- 1.準備多片塑膠瓦楞板，分別在上面用熱熔膠黏貼 14.2cm*6.2cm，80 號、320 號、1500 號的水砂紙。待熱熔膠冷卻後，再將板子塞進長方型缸 (14.3cm*6.3cm)，用手壓至砂紙平整，如圖 7 所示。

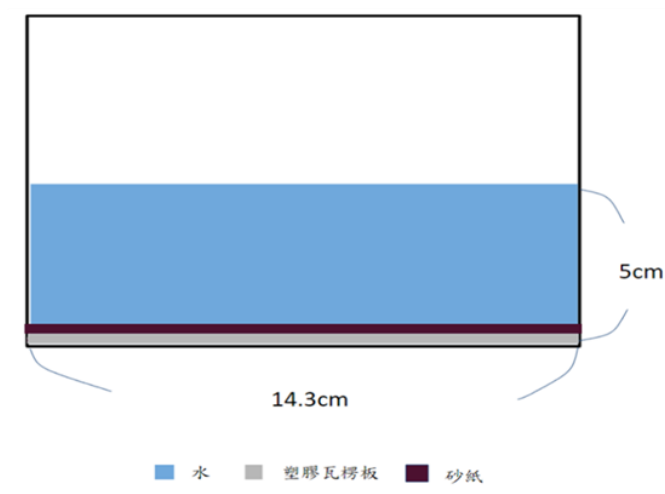


圖 7：爬行面光滑程度實驗裝置圖

- 2.在水缸底部墊一張畫著 0cm~10cm 刻度的白紙，再裝水至 5cm 深。
- 3.每組實驗三次，每次放置 1 隻斑蝥(殼長約 1.8~2.2 cm)於 0cm 刻度前，將餌料放置終點處，攝影機錄由腹足前緣過 0cm 刻度至到達 10cm 刻度位置，計算所需時間。

(二)流動式粗糙面對斑蝥移動速度的影響

1.分別將三種不同粗細的砂子(圖 8)放入缸子(14.3cm*6.3cm)底部。

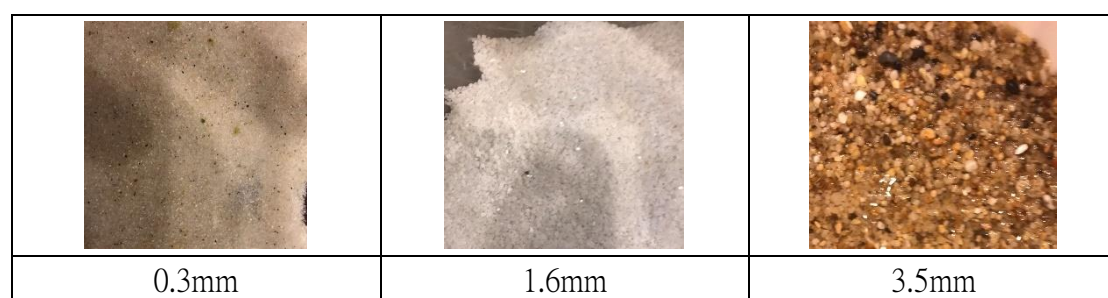


圖 8：不同粗細的實驗砂子

2.缸子裝水至 5cm 深，在水缸底部墊一張畫著 0cm~10cm 刻度的白紙

3.每組實驗三次，每次放置 1 隻斑蝥(殼長約 1.8~2.2 cm)於 0cm 刻度前，將餌料放置終點處，攝影機錄由腹足前緣過 0cm 刻度至到達 10cm 刻度位置，計算所需時間。

(三)不同角度對斑蝥移動影響的觀察

1.調整水族缸角度，使角度呈現 0°、30°、60°、90°、120°、150°，如圖 9 所示。

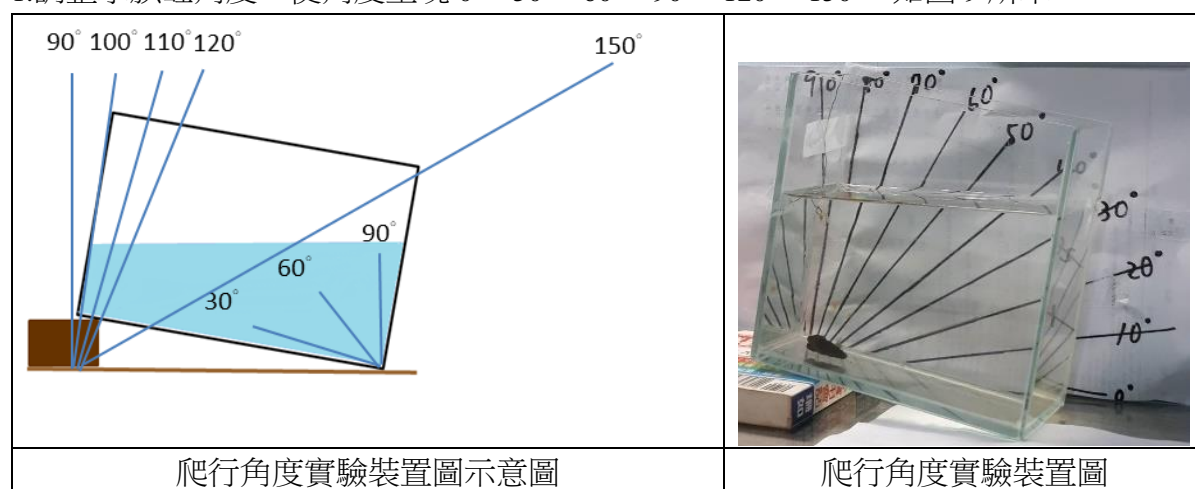


圖 9：不同角度實驗裝置圖

2.每組實驗三次，每次放置飢餓一天的斑蝥(殼長約 1.8~2.2 cm)於缸子底部，將餌料放置缸子上方。

3.用縮時攝影機記錄牠們移動過程。

(四)影響斑蝥吸附時間的因素

1.水流強度與斑蝥吸附力之關係

(1)準備一個外掛式馬達和魚缸(長 43cm*寬 20cm*高 30cm)，在魚缸中設計水

道，如圖 10 所示。

(2)水流衝擊強度設定為 10 cm/s、15 cm/s、20 cm/s。

(3)放一隻斑蝥(殼長約 1.8~2.2 cm)於固定位置，頭部朝向水流衝擊方向，每種水流強度使用不同的三隻的斑蝥分別測量其吸附時間。

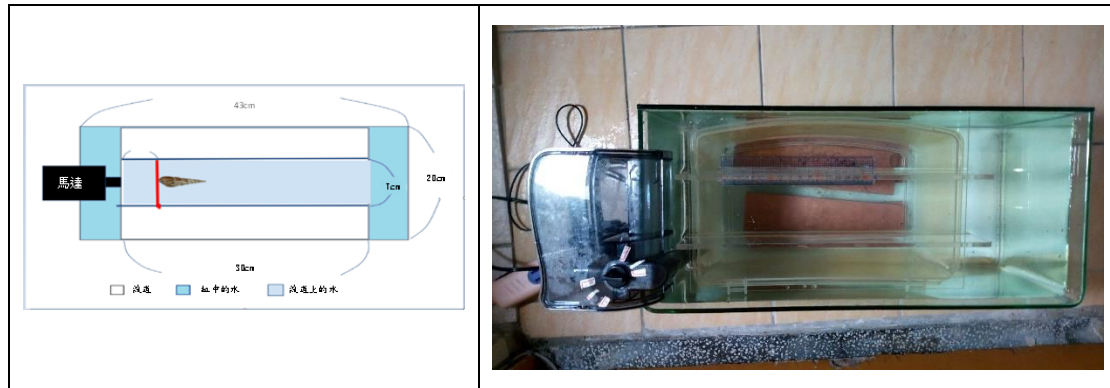


圖 10：吸附力實驗裝置圖

2.水溫與斑蝥吸附力之關係

(1)以加溫棒和冰塊將水溫調整為 15°C、20°C、25°C、30°C，水流衝擊強度設定為 15 cm/s，如圖 11 所示。

(2)放一隻斑蝥(殼長約 1.8~2.2 cm)於固定位置，頭部朝向水流衝擊方向，以不同的三隻的斑蝥分別測量其吸附時間。



圖 11：水溫實驗裝置照片

3.斑蝥擺放位置對吸附力之影響

(1)準備一個外掛式馬達和魚缸，在魚缸中設計水道。

(2)把螺放在流道上，距離馬達 5 公分處，分別將斑蝥的頭部擺向水流出口處、背對水流出口處和與水流出口處垂直，水流衝擊強度設定為 15 cm/s(圖 12)。

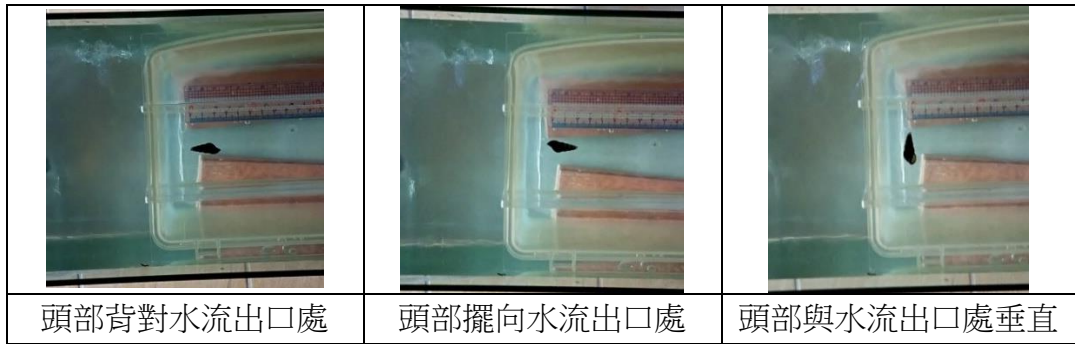


圖 12：斑蜷擺放位置

(3)每種擺放位置使用不同的三隻的斑蜷(殼長約 1.8~2.2 cm)，由水流開始後計時至螺被沖走之秒數，每種擺放方式重複 3 次。

四、探討斑蜷習性與其生存環境的關係

(一)生存環境分布調查

1. 觀察四種淡水螺，斑蜷、錐蜷、石田螺和扁蜷生存環境和習性。

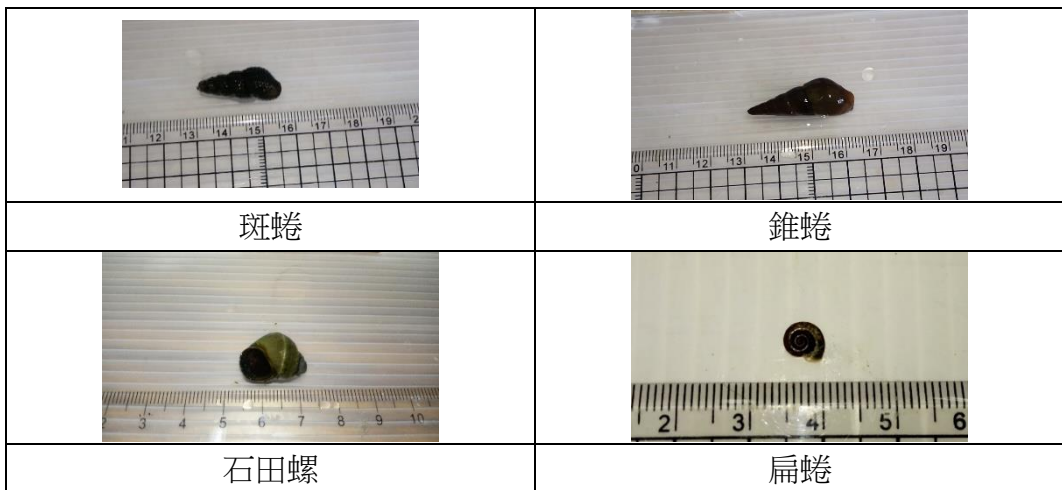


圖 13：四種淡水螺類

2.利用目視和手撈網，觀察水池壁及水池底各種螺類分布數量比例、移動方式。

(二)比較三種淡水螺外型特徵

1.比較三種淡水螺腹足面積與重量、殼長、殼寬之關係

(1)準備斑蜷、錐蜷、石田螺各 5 隻，測量其重量、殼長、殼寬、腹足面積。

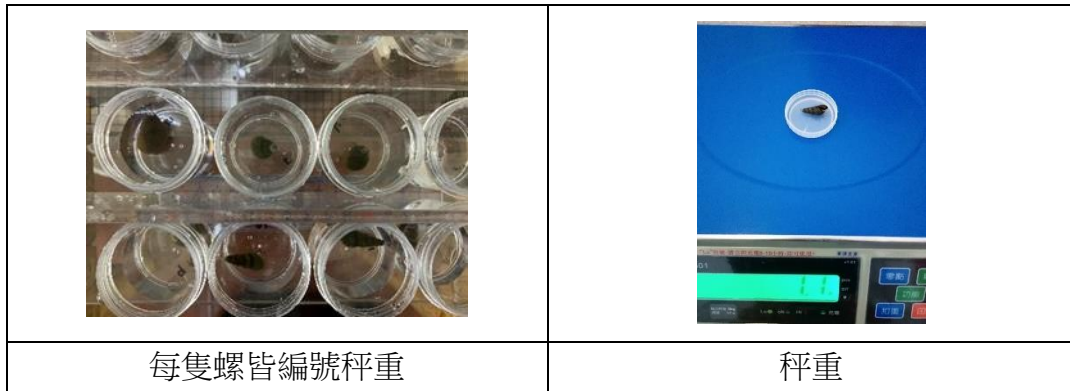


圖 14：實驗螺類編號及秤重

(2)分析三種螺類腹足面積、重量、殼長、殼寬之關係。

(三)比較三種淡水螺移動特徵

1.三種淡水螺移動時腹足面積變化與移動距離之關係

(1)拍下移動時腹足形狀

(2)錄下三種淡水螺移動過程，量測其腹足平貼在透明缸底上，錄影移動過程，再以 ImageJ 軟體測量面積的變化與移動距離。

2.三種淡水螺的腹足

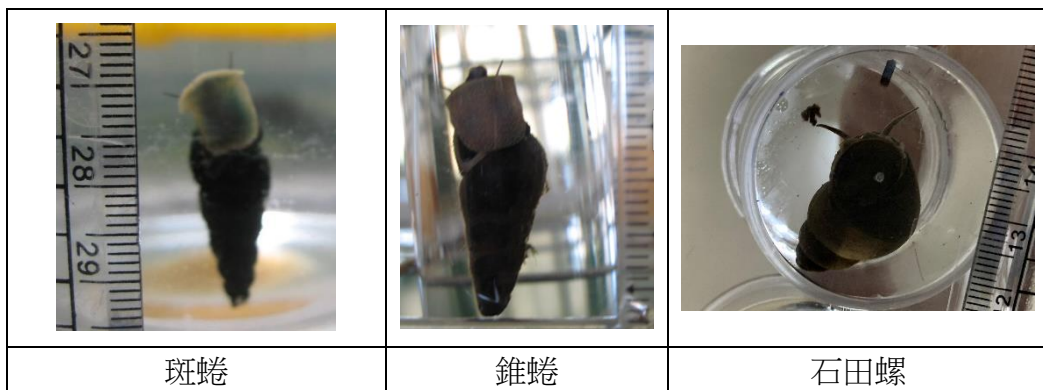


圖 15：斑蝻、錐蝻和石田螺的腹足

3.固定式粗糙面對三種淡水螺移動速度的影響

(1)準備四片塑膠瓦楞板，其中三片分別在上面用熱熔膠黏貼 14.2cm*6.2cm 的 80 號、320 號、1500 號的水砂紙。

(2)在水缸底部墊一張畫著 0cm~10cm 刻度的白紙，再裝水至 5cm 深。

(3)每組重複三次，每次放置 1 隻飢餓一天的斑蝻、錐蝻、石田螺於起點線，把餌料放置終點處，用攝影機錄由腹足前緣過起點至腹足前緣過終點線所需時間及行徑距離。

4.流動式粗糙面對三種淡水螺移動速度的影響

- (1)分別將三種不同粗細的砂子(圖 8)放入缸子(14.3cm*6.3cm)底部。
- (2)缸子裝水至 5cm 深，在水缸底部墊一張畫著 0cm~10cm 刻度的白紙
- (3)每組實驗三次，每次放置 1 隻斑蝥(殼長約 1.8~2.2 cm)於 0cm 刻度前，將餌料放置終點處，攝影機錄由腹足前緣過 0cm 刻度至到達 10cm 刻度位置，計算所需時間。

(四)探討影響斑蝥對抗水流衝擊能力的因素

1.吸附面積大小與對抗水流衝擊的影響

- (1)利用 123D Design 畫出斑蝥外型，再使用 3D 列印五個斑蝥的模型。
- (2)剪裁五張半徑為 2、4、6、8、10mm 的圓形吸附紙，在模型基部放入防水性黏土後使用熱熔膠將吸附構造黏上去。



圖 16：不同大小圓形壁貼

- (3)水流衝擊強度設定為 15 cm/s，觀察五個模型的附著力。

2.吸附面積形狀與對抗水流衝擊的影響

- (1)利用 123D Design 畫出斑蝥外型，再使用 3D 列印五個斑蝥的模型。
- (2)剪裁五張面積約 50mm²，但形狀分別為三角形、正方形、六邊形、圓形和橢圓形吸附紙，在模型基部放入防水性黏土後使用熱熔膠將吸附構造黏上去。



圖 17：不同形狀的壁貼

(3)水流衝擊強度設定為 15 cm/s，觀察五個模型的附著力。

3.重量大小與對抗水流衝擊的影響

(1)利用 123D Design 畫出斑蝻外型，再使用 3D 列印五個斑蝻的模型。在模型內放入重量分別為 1、2、3、4、5g 的防水性黏土。

(2)剪裁五張半徑為 4mm 的圓形吸附紙，在模型基部放入防水性黏土後使用熱熔膠將吸附構造黏上去。

(3)水流衝擊強度設定為 15 cm/s，觀察五個模型的附著力。

4.外型與對抗水流衝擊的影響

(1)利用 123D Design 畫出斑蝻、石田螺、扁蝻外型，再使用 3D 列印模型。在模型內放入不同重量的防水性黏土，使其重量一致。

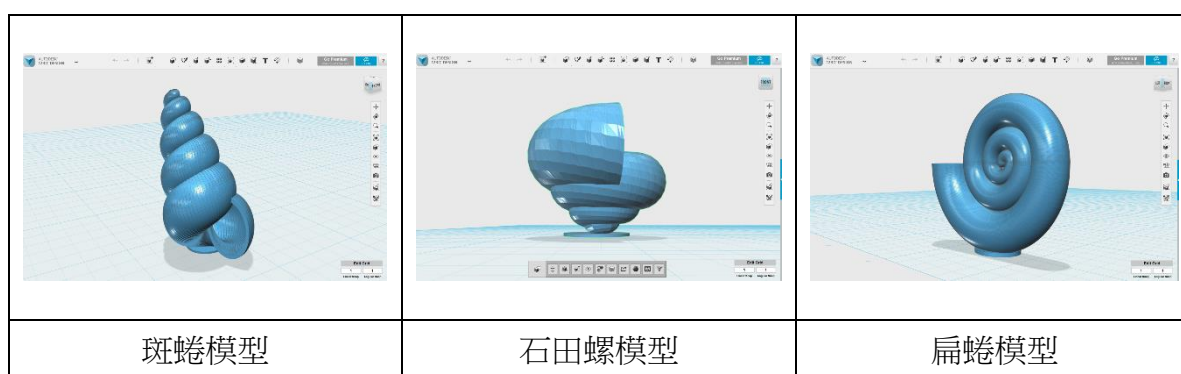


圖 18：3D 模型圖

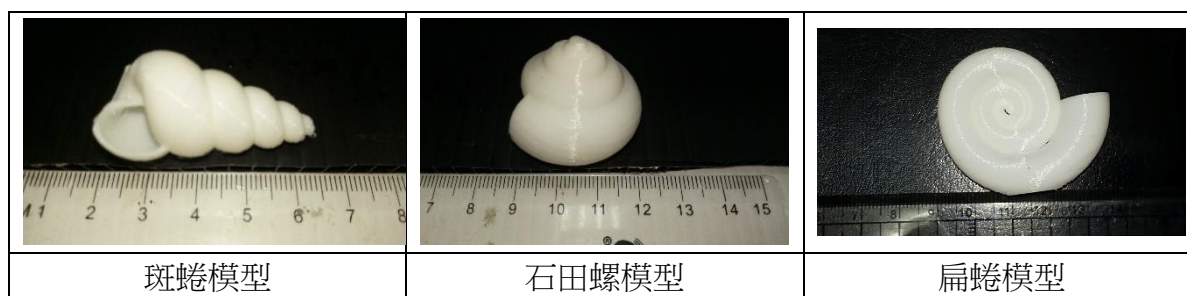


圖 19：3D 模型

(2)剪裁五張半徑為 4mm 的圓形吸附紙，在模型基部使用熱熔膠將吸附構造黏上去。

(3)水流衝擊強度設定為 15 cm/s，觀察五個模型的附著力。

伍、實驗結果

一、斑蜷外型特徵

(一)斑蜷與網蜷的差異

1.查詢資料

我們上網查詢斑蜷和網蜷的資料，有研究以粒線體 16S rRNA 基因片段之系統發育樹結果與遺傳距離結果顯示，*Melanoides* 包含兩個物種，分別是斑蜷 *M. maculata*、網蜷 *M. tuberculata*(周，2005)，因此斑蜷和網蜷確實為兩個物種。

2.外型比較

斑蜷與網蜷外型非常相似，我們起初認為是同一種，因此我們先做外型的比較。

表一：斑蜷與網蜷特徵之比較

特徵 種類	表面 紋路	表面 斑點	口蓋 特徵	照片
斑蜷	有格狀 紋路	有褐色凸起 斑點不規則 分布	口蓋旁 有條黑 色弧線	
網蜷	不規則 網狀紋 路	無	無	

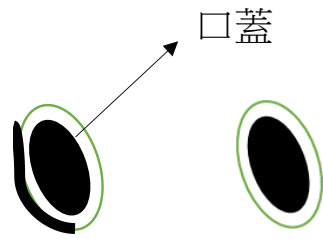
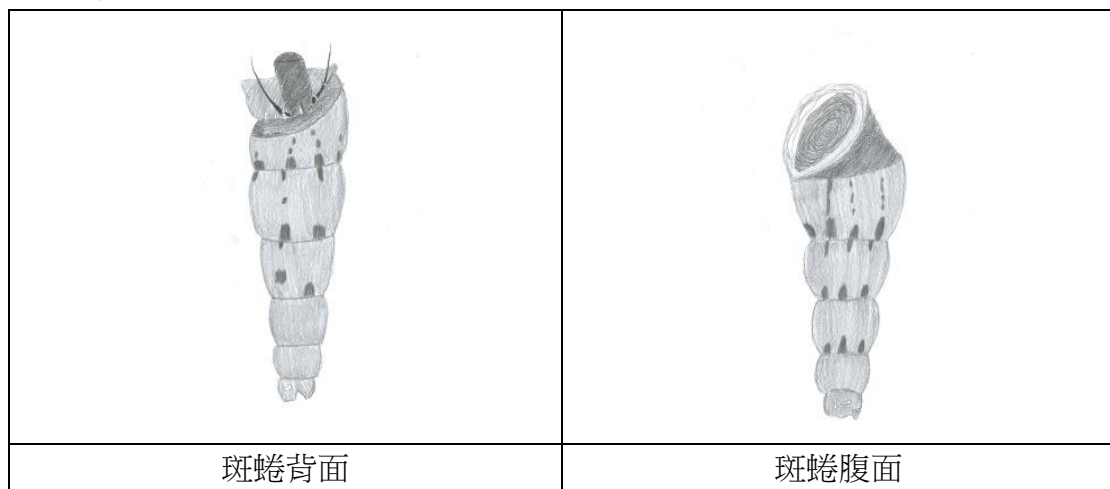


圖 20：斑蜱(左)和網蜱(右)口蓋示意圖

(二)觀察斑蜱外觀

1.外型構造



斑蜱背面

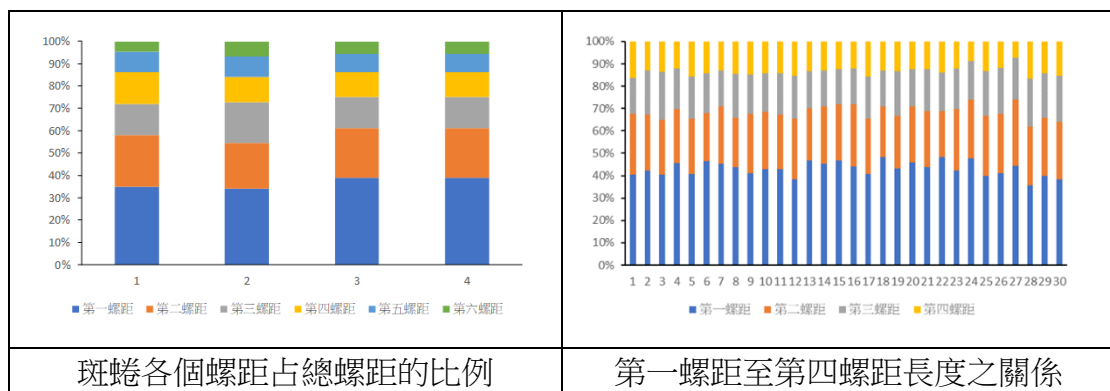
斑蜱腹面

圖 21：斑蜱背腹面圖

(三)量測斑蜱外殼基本資料

1.螺層數量和螺距寬度

(1)螺距間的比例



斑蜱各個螺距占總螺距的比例

第一螺距至第四螺距長度之關係

圖 22：斑蜱螺距間的比例

整隻斑蝻如果殼未被腐蝕，會呈現六個螺層，六個螺層的螺距之間的關係如圖 22 所示，約 86% 集中在第一至第四螺層。因野外採集的斑蝻其第五和第六螺層的螺殼大多有被腐蝕的現象，且佔總螺殼長度約 14%，而每隻斑蝻皆有第一至第四螺層，測量資料如圖 22 所示。因此本研究中之斑蝻殼長，皆量測至第四個螺層。

2. 重量、殼長、殼寬、殼口長、殼口寬之關係。

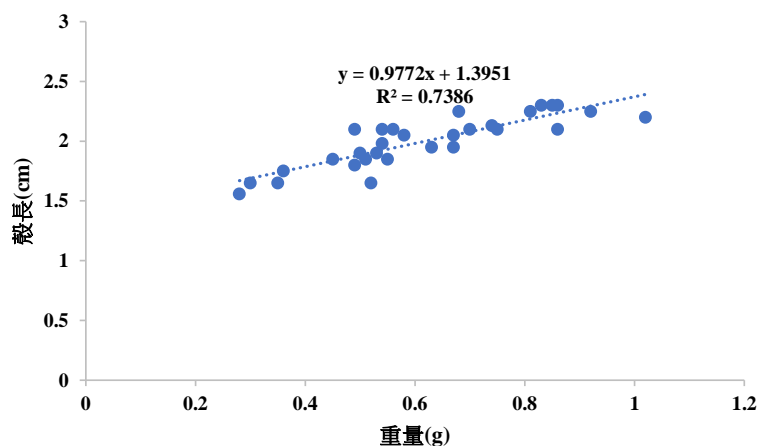


圖 23：斑蝻殼長和重量之關係

斑蝻的重量與殼長呈現高度相關，由殼長可以換算斑蝻的重量，其關係式為 $y=0.9772x+1.3951$ (x 為斑蝻重量; y 為殼長)(圖 23)。因為本研究之殼長為 1~4 螺層，所以要換算成實際螺殼長度需除以 0.86(1~4 螺層佔斑蝻總長度約為 86%)。殼長與殼口寬、殼寬與殼口寬、殼寬與殼口長幾乎不相關。

二、斑蝻食性調查

(一) 觀察攝食食物種類

1. 斑蝻不會攝食新鮮的睡蓮，偶而會吃一些水蘊草和絲藻，但更愛攝食呈現爛掉狀態的葉子。會攝食微藻、魚飼料和魚蝦屍體。



圖 24：斑蝻伸出口部攝食

(二)攝食底泥

1.因為網路上提到斑蝥的食物為微藻，斑蝥也確實會刮食壁上的微藻攝食。

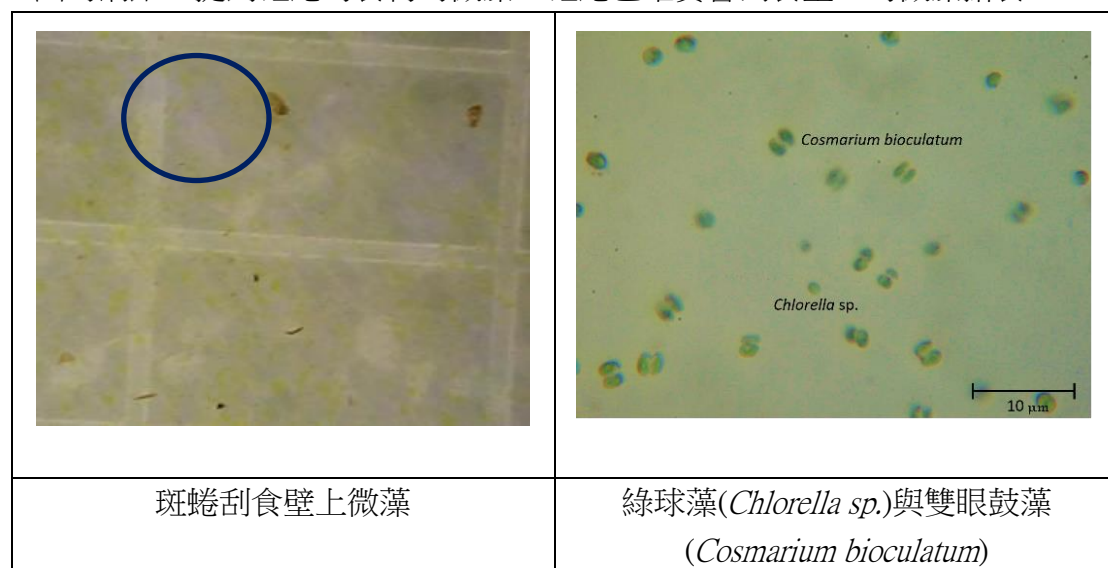


圖 25：斑蝥攝食微藻與主要種類

但飼養過程中，我們發現只給斑蝥攝食微藻，斑蝥活動力不佳，觀察實際採集環境，斑蝥生活於有底泥的環境中。

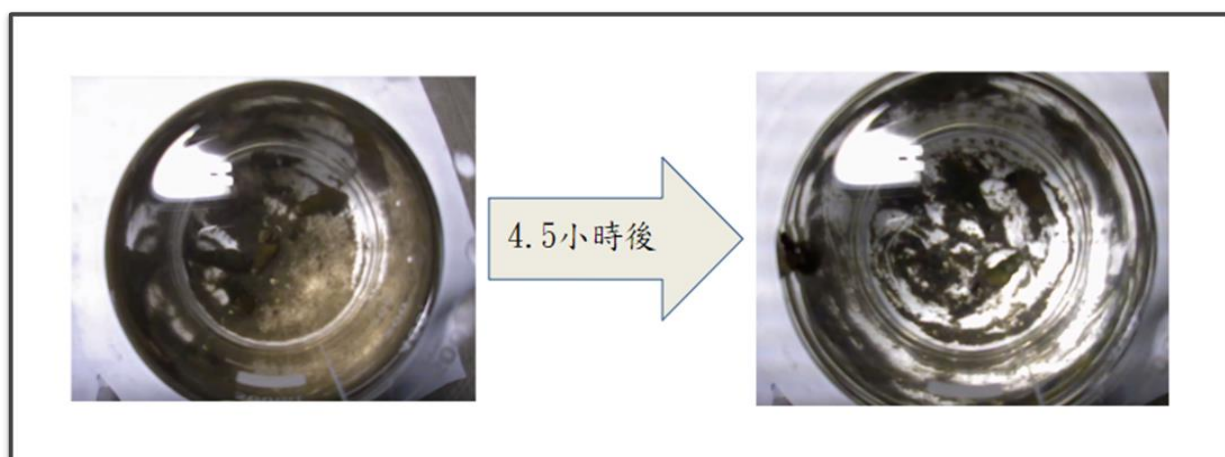


圖 26：斑蝥飼養於底泥中的情況

2. 探討攝食食物形式與斑蝥附著力之關係

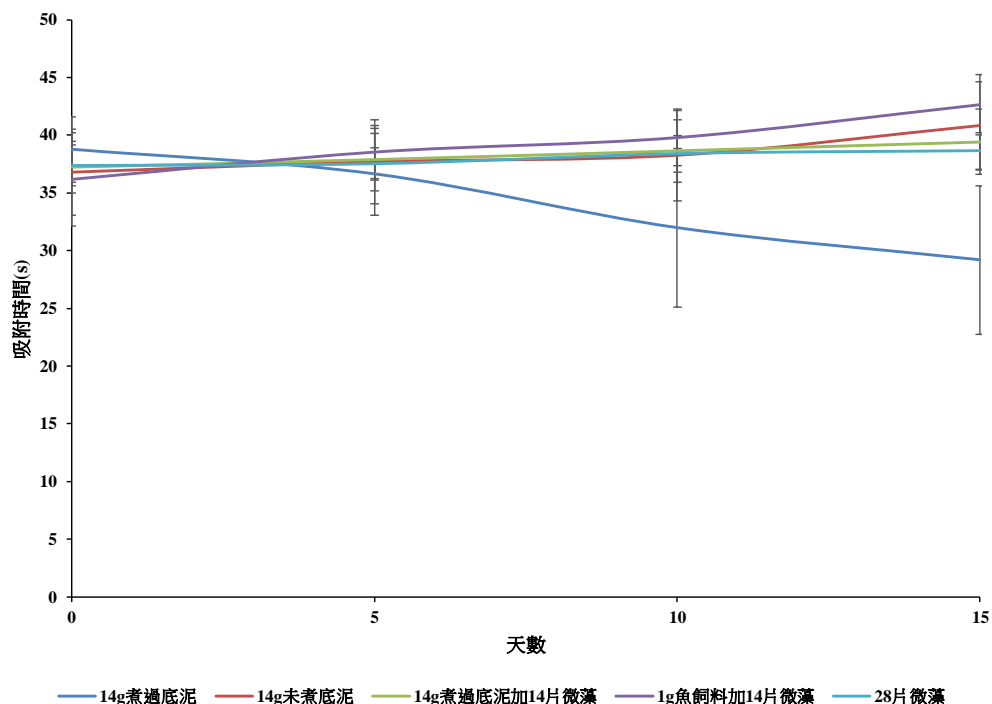


圖 27：斑蝥攝食不同食物形式的附著時間

14g 煮過底泥斑蝥吸附時間最短；1g 魚飼料加 4 片微藻吸附時間最長；14g 煮過的底泥和 28 片微藻吸附時間接近。

三、斑蝥移動能力

(一) 固定式粗糙面對斑蝥移動的影響

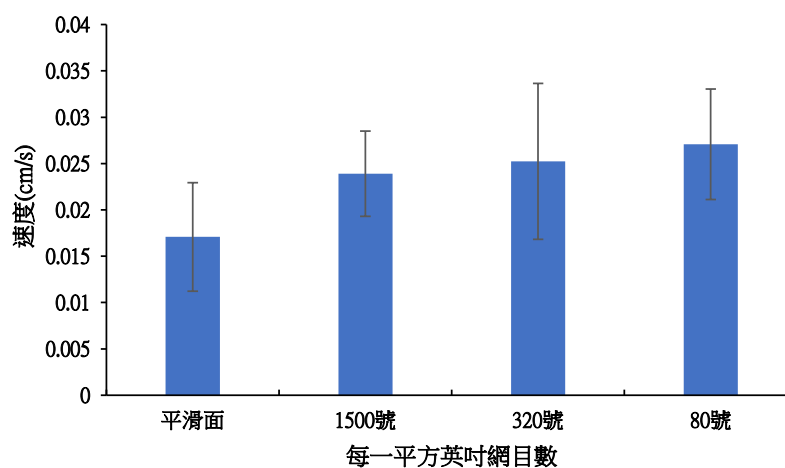


圖 28：不同粗糙程度的砂紙對斑蝥移動之影響

實驗結果發現，斑蝥在 80 號的水砂紙移動最快，隨著水砂紙每平方英寸網目數愈大，移動所需時間愈多。在完全平滑的移動面上，斑蝥移動最慢。

(二)流動式粗糙面對斑蝻移動的影響

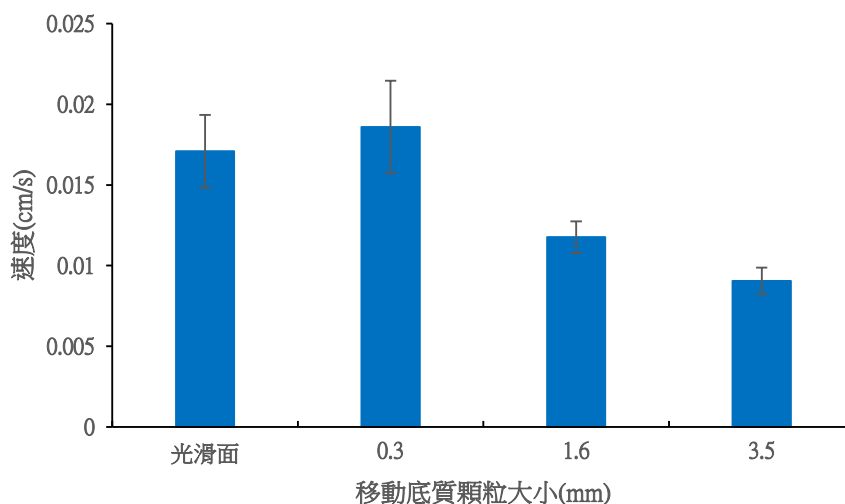


圖 29：不同大小顆粒的砂子對斑蝻移動之影響

斑蝻在 0.3mm 的細沙上移動最快、玻璃次之、1.6mm 第三、3.5mm 最慢 (圖 29)。

(三)不同角度對斑蝻移動的影響

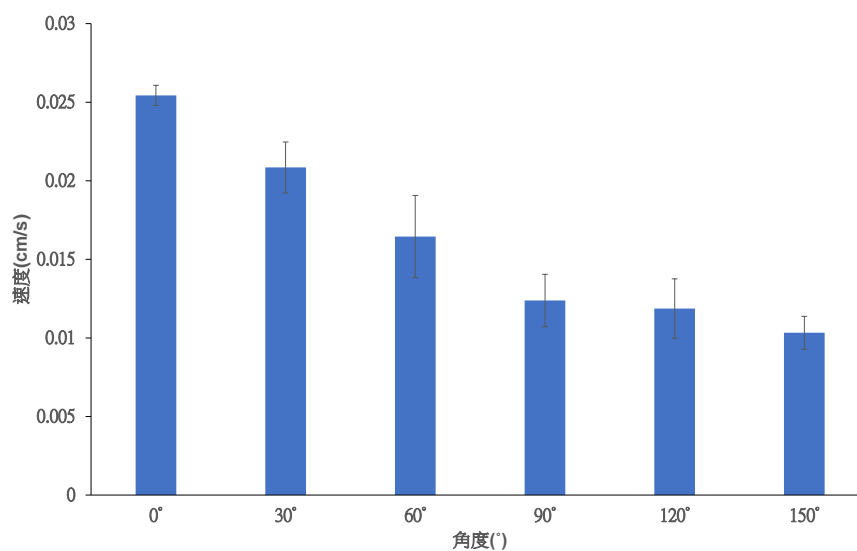


圖 30：不同爬行面角度對斑蝻移動之影響

爬行面角度愈大，斑蝻爬行速度愈慢。斑蝻爬行面角度的極限為 150°，當牠在爬超過 100°的角度時，速度明顯變慢，往前移動一小段距離便後退一點。我們另外做了石田螺和錐蝨其極限角度為 90°。

(四)影響斑蝥吸附時間的因素

1.水流強度與斑蝥吸附時間之關係

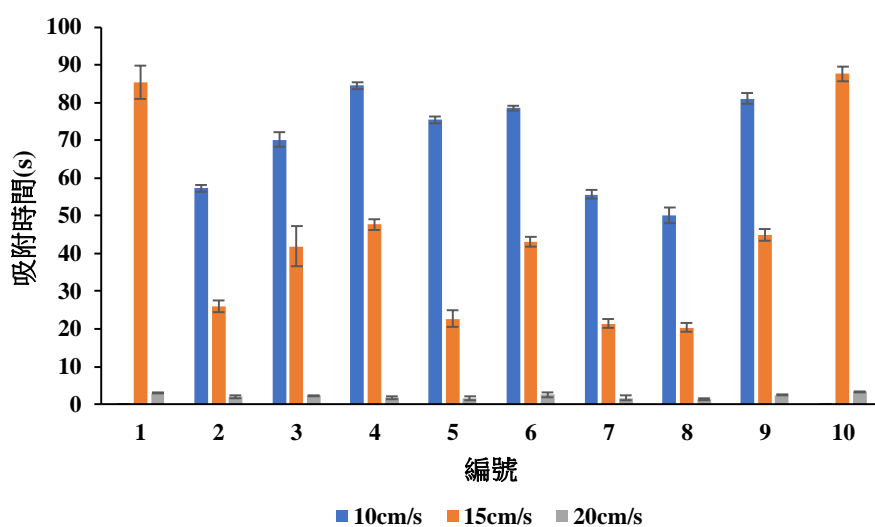


圖 31：水流強度對斑蝥移動之影響

水流速度在 10cm/s 時，編號 1 和 10 的斑蝥吸附時間超過 300s；水流速度在 20cm/s 時，斑蝥吸附時間大多集中在 1s 至 2s，時間太短且差異不明顯，因此我們之後的實驗，水流速度設定皆為 15cm/s。

2.水溫與斑蝥吸附時間之關係

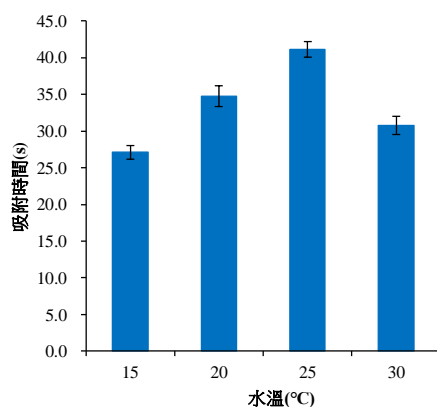


圖 32：水溫對斑蝥吸附時間之影響

在 25°C 時，斑蝥吸附時間明顯高於其他水溫。斑蝥在自然生活環境中水溫幾乎不會低於 15°C 和高於 30°C，且實驗過程中斑蝥在 15°C 和 30°C 的水溫活動力不佳，因此我們就沒有做 10°C 和 35°C 的組別。

3.斑蝟擺放位置對吸附力之影響

(1)擺放位置與吸附時間之關係

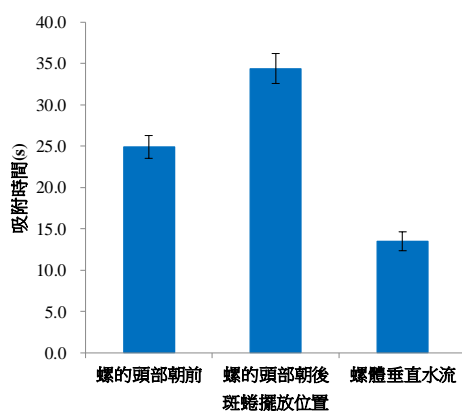


圖 33：斑蝟擺放位置對吸附時間之影響

斑蝟的頭部平行於水流方向其吸附時間明顯高於垂直於水流方向。

四、探討斑蝟習性與其生存環境的關係

(一)生存環境分布調查

1.淡水螺斑蝟、錐蝟、石田螺、扁蝟生存環境和習性。

表二：斑蝟與其他螺類生存環境調查表

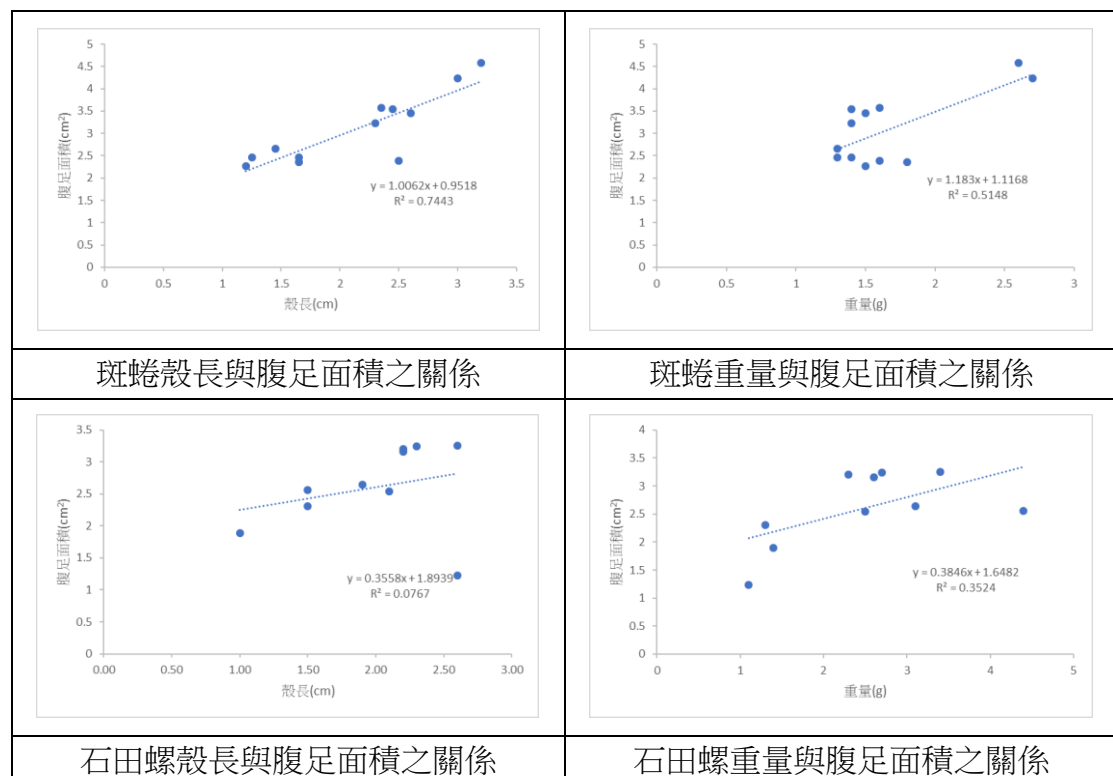
調查項目 位置	環境概況	底質 (石/砂/泥)	底部螺類種類	水草種類	附著在水草上的螺種類	水深 (cm)	藻類生長情形	備註
山區池塘 (底質主要為石頭)	水質乾淨，底質少泥砂但有較多大石頭	石	主要為錐蝟、有一些斑蝟分布於其中	睡蓮、菖蒲、宮廷草	囊螺	35.35	底部有綠藻	無
山區池塘 (底質主要為泥和砂)	水質乾淨，有許多沉水性水草	泥	斑蝟、錐蝟	大網草、迷你椒草	臺灣錐實螺	38.40	絲藻茂盛	絲藻間有許多蝦及大肚魚。有最多的螺類分佈

田邊灌溉用水溝	水面有浮一層油，有農藥味，幾乎沒有螺類分布	泥	無	睡蓮	無	30.40	無藻類	有許多石田螺空殼
鄉區溪流	有湧泉，水深較淺，水面有大量滿江紅，岸邊有大量植被	石	斑蝥，石田螺	滿江紅、睡蓮、布袋蓮	囊螺	12.10	清澈無藻類	流速較快
市區水溝	螺類體型小，水中幾乎無沉水性水草	石和泥	斑蝥、囊螺	無	無	1.50	綠藻	無
廢棄筊白筍田	有蝦子和大肚魚，但水質不如山區池塘	泥	福壽螺、錐蝥、石田螺	水蘊草	扁蝥	13.50	微量藻類	最多扁蝥分布

在山區池塘和在市區水溝只要環境適合，水深 1.5~38.4cm 皆可發現斑蝥的蹤跡。只是市區水溝生產者不多，例如周遭樹木、水草，也沒有豐富的底泥和沙，所以這裡的斑蝥體型比山區池塘的小一半左右。山區池塘湧泉處和樹木遮蔭處會聚集較多的斑蝥。

(二)比較三種淡水螺移動特徵

1.比較三種淡水螺殼長、重量與腹足面積之關係。



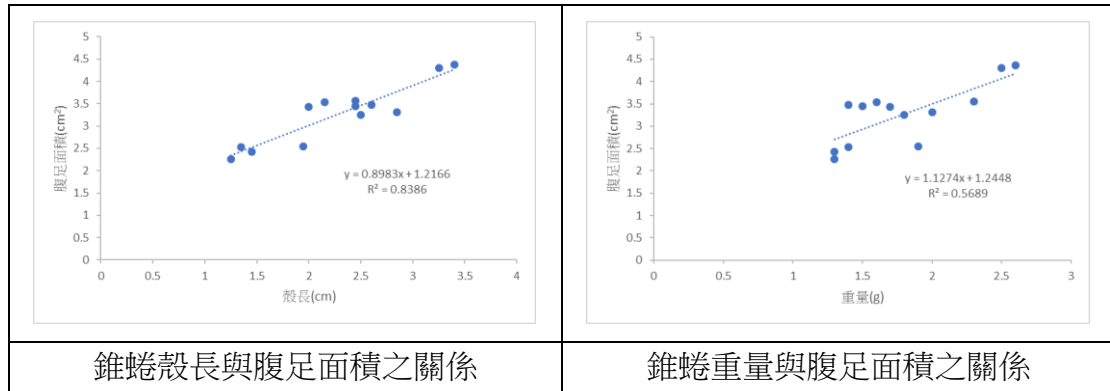


圖 34：三種淡水螺殼長、重量、腹足面積之關係

斑蝸、錐蝸的殼長與腹足面積，呈高度正相關；重量與腹足面積，呈中度正相關。石田螺的殼長、重量與腹足面積，呈不相關或低度相關。

2.比較三種淡水螺腹足面積與吸附時間之關係。

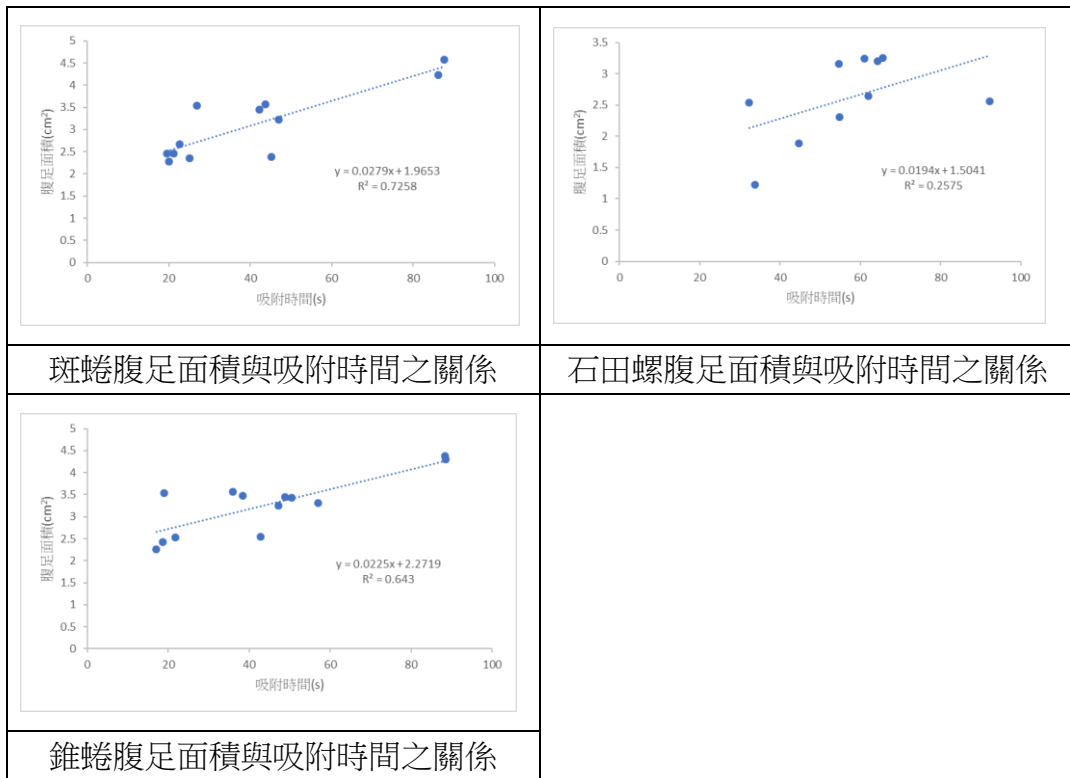


圖 35：三種淡水螺腹足面積與吸附時間之關係

斑蝸、錐蝸的殼長、重量、腹足面積與吸附時間，皆呈高度正相關。石田螺只有腹足面積與吸附時間，呈高度正相關。

3.三種淡水螺腹足面積變化與移動距離之關係。

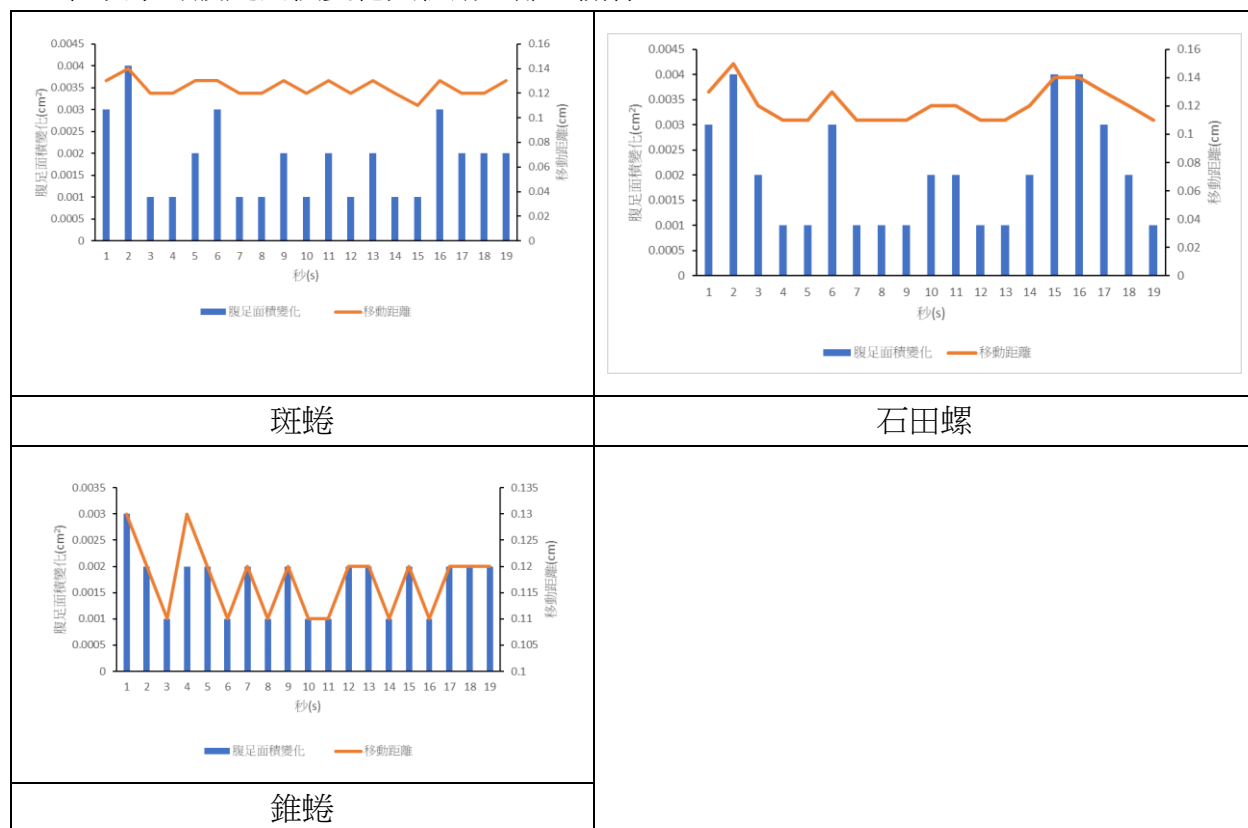


圖 36：三種淡水螺腹足面積變化與移動距離之關係

斑蝟、石田螺和錐蝟腹足面積變化與移動距離皆呈高度正相關。

4.比較三種淡水螺的移動方式及速度

(1)固定式粗糙面對三種淡水螺移動速度的影響

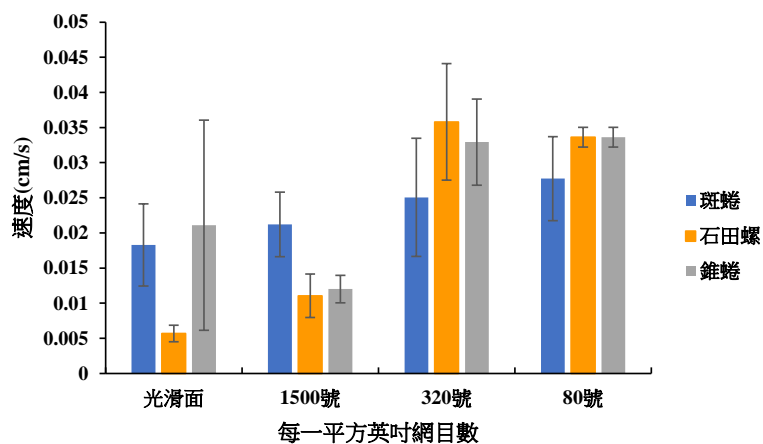


圖 37：不同粗糙程度的砂紙與三種淡水螺移動時間之關係

結果發現斑蝟與石田螺結果一致，皆為在最粗糙的砂紙上移動速度最快，平滑的玻璃最慢。

(2)流動式粗糙面對三種淡水螺移動速度的影響

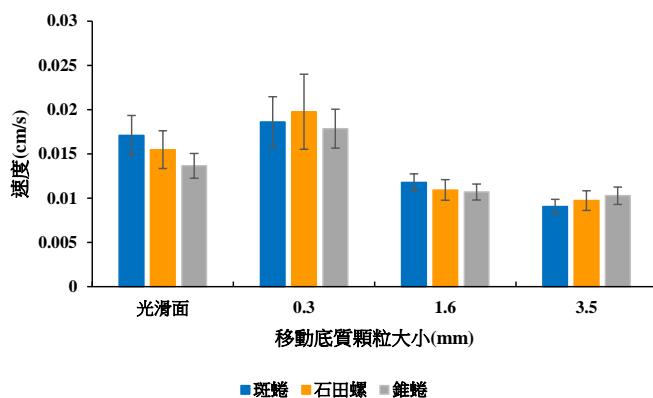


圖 38：不同顆粒大小的砂子與三種淡水螺移動時間之關係

斑蝻和錐蝻在 0.3mm 的細沙上移動最快、玻璃次之、1.6mm 第三、3.5mm 最慢。石田螺亦是在 0.3mm 細沙上移動最快，但不同的地方是石田螺在 1.6mm 移動最慢(圖 38)。

5.比較三種淡水螺類吸附時間

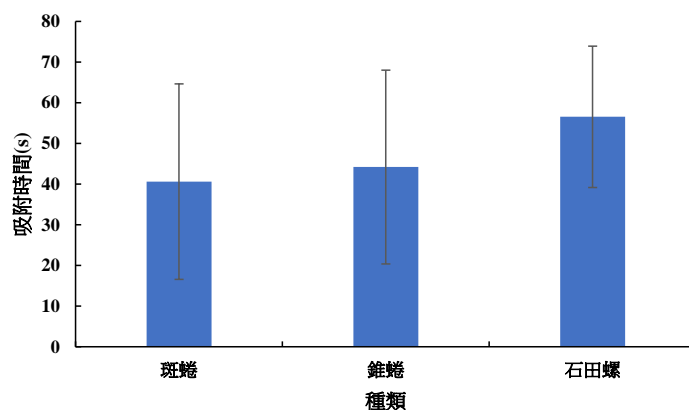


圖 39:三種淡水螺吸附能力

在相同水流強度下，石田螺吸附時間最長，斑蝻最短(圖 39)。

(三)探討影響斑蝚對抗水流衝擊能力的因素

1. 吸附面積大小及形狀、重量、外形與對抗水流衝擊的影響

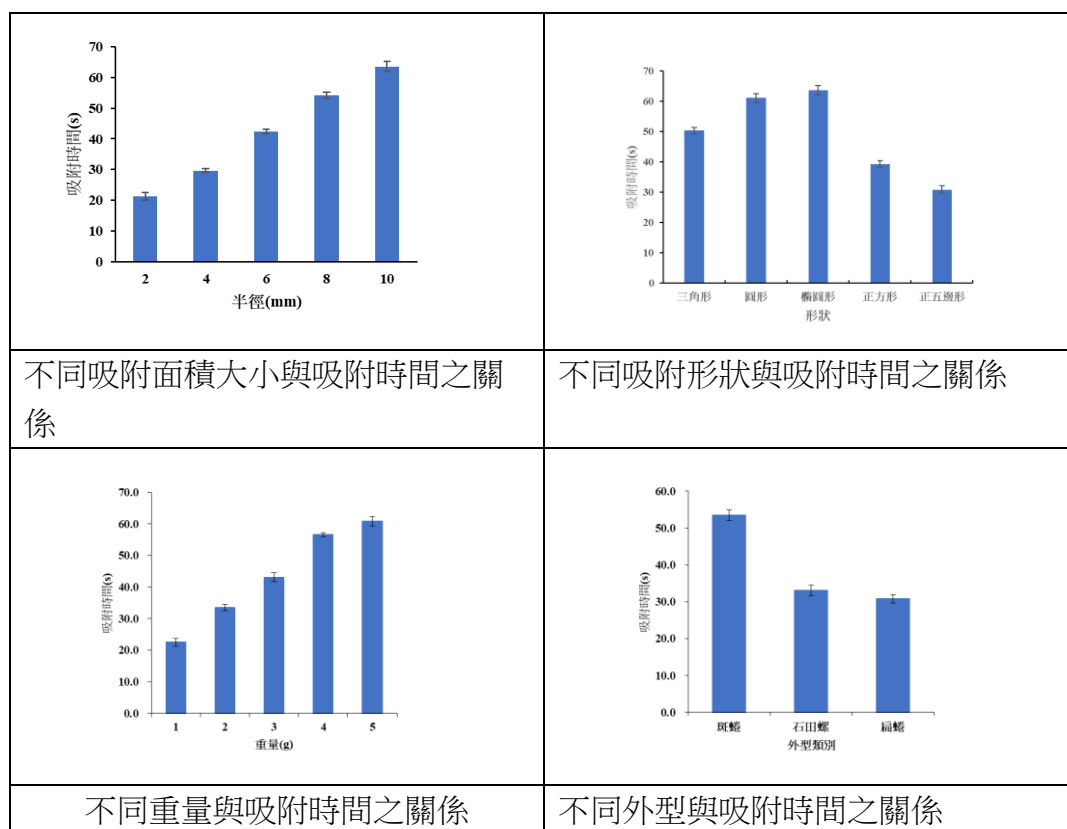


圖 40：影響斑蝚對抗水流衝擊能力的因素

吸附面積愈大，吸附時間愈長。吸附構造以橢圓形與圓形的吸附時間最長。重量愈重，吸附時間愈長。斑蝚外型的模型吸附時間最長，扁蝚最短。

陸、討論

一、確認種類

野外採集回來的螺類，常會將斑蝚和網蝚搞混，雖然外殼上有斑點是斑蝚的主要特徵，但常因個體差異，造成斑點不明顯或缺乏，因此我們思考這兩種螺類是否為同一種。上網查詢相關資料，發現有人用 16s 的 DNA 序列確認這兩種為不同種的螺類(周，2005)。可是我們在野外採集，不可能使用 DNA 確認，所以我們選用三種特徵-表面紋路及斑點、口蓋特徵，作為辨識斑蝚的依據。尤其是當螺類殼上披覆大量藻類時，口蓋特徵成為最為直接且明確的辨別依據(表一和圖 20)。

二、斑蝥食性

網路上的資料顯示斑蝥的食物是微藻，但當我們只提供微藻給斑蝥攝食時，斑蝥活動力卻下降。食性實驗亦發現斑蝥會攝食魚飼料、魚蝦屍體，採集現場我們觀察到斑蝥主要生存在有底泥的環境中(表二)，因此我們推論斑蝥要維持正常生理機能，除攝食微藻外，亦需額外攝食其他物質。經實驗證明，斑蝥需同時攝食微藻和魚飼料，才能維持(或超過)對照組(未煮過底泥)的吸附力(圖 27)。

斑蝥在攝食時，會伸出一條長型構造，查詢資料這個長型構造為口，內有齒舌，可吸食和刮食。錄影觀察斑蝥與石田螺攝食行為，發現斑蝥口部可伸出的長度較長，食性似乎比較偏向食腐型，例如沉在底泥中的微藻碎屑、魚蝦屍體等，比較少吃新鮮植物(圖 24、25、26)。

三、斑蝥移動能力

在實驗前，我們認為斑蝥爬行在玻璃面上速度會最快，因為玻璃表面最光滑，但沒想到斑蝥卻是在最粗糙的砂紙上速度最快。這樣的結果與我們當初設想的完全不一樣，因此我們試著從八年級自然學過物理的角度來解釋這個現象。當兩物體相接觸時，在接觸面間存在一種阻止彼此相對運動的作用力，即摩擦力。

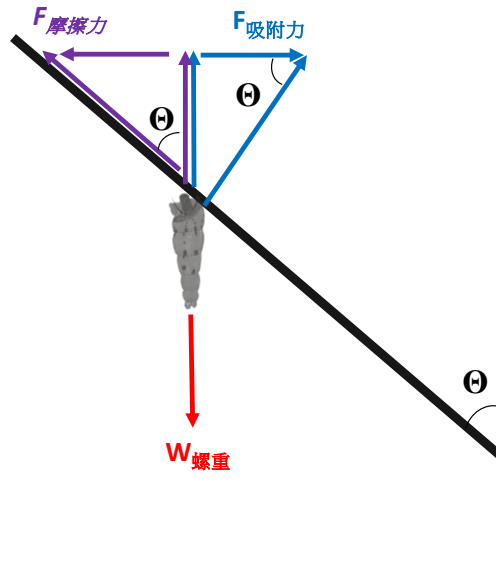
$$F_{\text{摩擦力}} = \mu F_N$$

F 為摩擦力
 μ 為摩擦係數
 F_N 是正向力

本實驗的斑蝥大小接近，兩著所受正向力大約相等，由摩擦力公式可知，影響 F 大小就是 μ ，接觸面愈粗糙， μ 愈大， F 就愈大。當斑蝥腹足在移動時，整個腹足是平貼在爬行面上，所以我們推測爬行時因粗糙面上顆粒大（ μ 值大），對於斑蝥的腹足會形成一較大摩擦力，使斑蝥在運動時不會向後滑動，進而增加其前進速度(圖 28)。

這時我們又思考到一個問題，砂紙上的顆粒是固定的，但自然環境中的泥沙卻是會移動，因此我們使用不同顆粒大小的砂子進行實驗，發現實驗結果與使用砂紙不同，反而是愈粗糙(顆粒愈大)斑蝥爬行愈慢(圖 29)。從物理的角度來解釋，是因為顆粒較小的砂子在沉降時，空間填滿度上較顆粒大的砂子還要扎實，使得斑蝥在顆粒小的砂子上移動時不容易產生相對滑動的現象，進而獲得較大的移動速度。因此砂子顆粒在移動面上固定與否，會影響斑蝥移動快慢的順序結果。

斑蝥可爬行在 150° 的斜面上(圖 30)，因此斑蝥最大的吸附力根據圖 41 推算，得到平均每隻斑蝥(體長 1.8~2.2cm)最大吸附力為 0.52 gw。



靜力平衡

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{垂直面 } W = F_{\text{吸附力}} \sin \theta + F_{\text{摩擦力}} \cos \theta \\ \text{水平面 } F_{\text{吸附力}} \cos \theta = F_{\text{摩擦力}} \sin \theta \end{array} \right.$$

圖 41：斑蜥吸附力示意圖

$$F_{\text{吸附力}} \frac{1}{2} = F_{\text{摩擦力}} \frac{\sqrt{3}}{2} \quad F_{\text{摩擦力}} = F_{\text{吸附力}} / \sqrt{3}$$

$$0.6 \text{ gw} = F_{\text{吸附力}} * \frac{\sqrt{3}}{2} + (F_{\text{吸附力}} / \sqrt{3}) * 1/2$$

斑蜥平均重量為 $0.6 \text{ gw} = F_{\text{吸附力}} \frac{\sqrt{3}}{2} + (F_{\text{吸附力}} / \sqrt{3}) * 1/2$

$$F_{\text{吸附力}} = 0.52 \text{ gw}$$

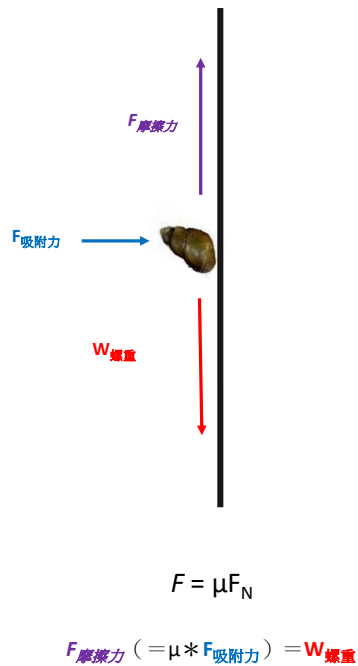


圖 42：石田螺吸附力示意圖

與其他螺類比較，在爬行角度的實驗中，石田螺無法爬超過 90° ，如果超過 90° 石田螺即會掉落，因此我們可以利用石田螺在水平角度為 90° 時，石田螺達靜力平衡狀態(圖 42)，推得石田螺所受最大摩擦力 = ($\mu \times$ 腹足吸附力) = 石田螺重量，進一步得知石田螺重量與腹足吸附力之關係為：

$$\mu (\text{此處玻璃摩擦係數為 } 0.4) = \text{石田螺重量} / \text{腹足吸附力} (\text{石田螺平均重量為 } 2.48 \text{ gw})$$

$$\text{石田螺最大吸附力為 } 6.2 \text{ gw}$$

根據爬行面粗糙程度(圖 28、29)、爬行角度(圖 30)、和吸附能力(圖 31)的實驗結果，斑蝥生存環境中的底質可以有泥和沙，牠無法爬超過 150° 的角度，水流強度不能超過 20 cm/s ，可提供水利工程流速及底質參考方向。

四、斑蝥習性與其生存環境的意義

我們上網查相關資料，提到斑蝥是為了適應水流而形成的流線型錐狀外殼，並以腹足緊緊附著在石頭上，刮食石頭上表面的藻類。但根據我們實地觀察(表二)，我們發現一些有趣的現象，並提出我們的疑問：

現象	提出疑問
斑蝿絕大部分生活於水域中的底部，鮮少在較高處發現其蹤跡。	斑蝿白天、氣溫過高或過低皆會躲在底泥裡，因此在這些時段與季節中，水流強弱對其影響似乎不大。
外力碰觸斑蝿，腹足就收縮，從壁上掉落。	斑蝿生活區域在水域中的底部，腹足用來拖動外殼進行移動的功能應大於用來吸附。
斑蝿腹足的吸附力差。	如果斑蝿腹足的吸附力差，就算是流線型的外殼亦無法適應水流而被沖走。
主要生存的水域，大多流速緩慢，所以常可在池塘中發現。	既然大多在流速緩慢的水域中生存，流線型錐狀外殼似乎沒有明顯的生存優勢。

因此我們對於斑蝿的腹足主要是為了吸附在基質上；外殼呈流線型是為了抵抗水流提出質疑。三種淡水螺類移動時腹足面積變化與移動距離呈高度正相關(圖 36)。但我們發現三種螺在腹足面積與吸附時間呈現的相關性不同，斑蝿是高度正相關；錐蝿呈中度相關；石田螺呈低度相關(圖 35)。而且這三種螺類以相同水流強度衝擊，石田螺的吸附時間最長，斑蝿最短，經計算石田螺腹足吸附力為 6.2gw；斑蝿腹足吸附力只有 0.52gw。

但這三種淡水螺重量、腹足面積、大小、形狀皆不相同，我們想釐清斑蝿外形對吸附時間的影響，因此使用 3D 模型，確認各種因素差異對這些螺類吸附力的影響。發現在腹足面積大、腹足形狀呈圓或橢圓形、重量大，吸附時間長。而在 3D 模型外型實驗上，當重量一樣、腹足面積一樣、腹足形狀一樣，斑蝿外形的模型吸附時間是最長的，石田螺外型吸附時間明顯比斑蝿短(圖 40)。我們查詢了相關研究發現可以流體力學來解釋：

$$F_b = 1/2 \rho v^2 C_D A$$

F_b 為阻力
 ρ 為流體密度
 v 是流體相對物體的速度
 A 為截面面積
 C_D 為阻力係數

表三：三種 3D 模型水流阻力

種類	ρ (g/cm ³)	V(cm/s)	C_D	A(cm ²)	F_b
斑蝿	1	15	0.04	3.135	14.11
石田螺	1	15	0.7834	5.062	446.13
扁蝿	1	15	0.07	4.164	32.79

影響吸附力因素包括殼的外型、面對水流的角度及腹足吸附能力三大面向(林秉石和張文亮, 2003)。根據水流阻力公式計算, 石田螺外形的水流阻力最大, 甚至是斑蝥的 31.6 倍, 因此腹足吸附能力為最關鍵的因素。

台灣淡水螺類生存在五種環境河流溪流、灌溉渠道、淹沒的水田、池塘、湖泊。我們在乾淨的溪流和池塘可發現到斑蝥的蹤跡, 但在灌溉渠道和淹沒的水田中則沒有斑蝥的分布。在實驗過程中我們發現斑蝥對水質和溶氧要求很高, 這些因素皆會影響斑蝥的生存。

當飼養環境適宜時, 斑蝥、錐蝥及石田螺皆會繁衍下一代。以下為我們實驗過程中所誕生可愛的小小螺：

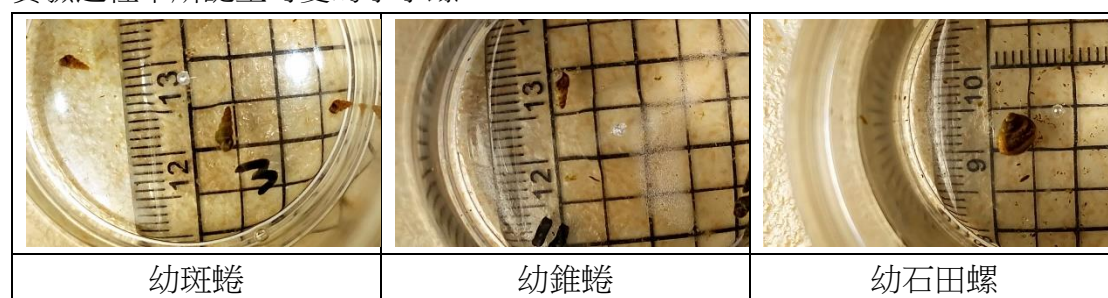


圖 43：三種淡水螺類的幼體

柒、結論

斑蝥(*M. maculata*) 在外形上與網蝥非常相似, 一般差異主要在表面紋路和斑點上, 但因外殼常被藻類覆蓋和個體差異, 造成不易分辨此兩種螺類, 我們發現斑蝥口蓋旁有條黑色弧線, 是辨別此兩種螺類最明顯的特徵。

斑蝥除攝食微藻, 亦須攝食一些其他的有機碎屑, 才能維持正常的活動力, 因此主要生存在底質為泥沙的天然環境中。而斑蝥的外形特徵和習性有以下幾點, 利於生存於該環境：

- 1.方便攝食：與石田螺相較, 斑蝥更常伸出長長的口部, 吸取周遭的底泥。石田螺則主要是刮食壁上的藻類。
- 2.移動省力：斑蝥為拖著外殼移動, 且絕大部分時間皆在水域中的底部移動, 省下時時刻刻撐著外殼的力量。斑蝥平均單位面積的腹足要拖動 0.55g 的重量, 但石田螺的腹足卻時時刻刻承受 0.95g 的重量。
- 3.減少阻力：斑蝥外殼為流線型, 移動方式為拖著外殼, 流線的外型可以減少水的阻力。
- 4.安全與保護：在光線強、氣溫太高太低, 斑蝥可以整隻躲在泥沙中。

斑蝥的腹足功能與其說是為了吸附在基質, 不如說是主要用於移動。外殼呈流線型與其說是為了抵抗水流衝擊, 不如說是移動時可以減少水的阻力。水利工程在設計時, 須考慮到斑蝥主要在水域中的底部移動與攝食, 因此底質需有泥和沙；其吸附力不強, 故厚實且角度大的水泥牆將限制斑蝥的分布。

捌、未來展望

- 1.高雄市茄苳濕地底棲生物監測報告(2012)發現該處有斑蝻，所以未來想進一步了解，斑蝻在不同鹽度的環境下生存的情況。
- 2.因為斑蝻吸附力不強，在保育與開發的衡量下，水利工程設計可考慮在底部開洞，但洞的高度、大小、厚度及上方如有遮陽構造，是否更能吸引斑蝻在此處移動，則須進一步探討。

玖、參考資料

- 1.蕭志平、陳淑齡、黃昭明。水溝小鬥士-囊螺的研究。中華民國 32 屆中小學科學展覽會。1992 年。
- 2.林秉石和張文亮。螺類在流體逆境之行為與型態。農業工程學報(49)，p12-24。
- 3.周威廷。台灣產錐蝻科親源關係之研究。2005 年。
- 4.賴景陽。台灣貝類圖鑑。2005 年。台北市。貓頭鷹出版社。P95、98。
- 5.高浚庭、卓思皜、潘序疆。笠螺!我要出力“囉”!中華民國 47 屆中小學科學展覽會。2007 年。
- 6.王致嘉、陳秉良、莊婕妤、林均慧、楊翊凡。當我們蝻(く口ろ´)在一起-環境因子對淡水螺行為影響之探討。中華民國 57 屆中小學科學展覽會。2017 年。
- 7.姚杰邑、張詩篇、林敬旻、朱唯與。旋轉吧!貝殼—貝殼製造漩渦原理與變因之研究。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。2016 年。

【評語】 030306

1. 本研究觀察斑蝻與網蝻的差異，並觀察攝食食物形式與斑蝻附著力之關係，及其移動能力。設計實驗分析吸附面積大小及形狀、重量、外形與對抗水流衝擊的影響等，國中生能由觀察、設計實驗並詳細記錄，值得勉勵，具有科學家的精神。
2. 但研究中觀察實驗物種僅以三隻為材料，且物種是否有詳細的鑑定方法？所得結果則較不具說服力。
3. 這是一個基於生態調查所衍生的基礎研究，主要分析探討斑蝻底部移動習性與其生存環境的關聯性。學生自行設計實驗道具，用來測量移動表面顆粒性、角度、水流強度對於斑蝻移動能力的影響，以及分析三種不同淡水螺對抗水流衝擊的能力。
4. 研究的實驗記錄部分非常詳實，以 3D 列印模型來進行實驗的概念很好，可以減少實驗誤差。研究中發現具有流線型外殼的斑蝻可以減少水的阻力，結論明確。
5. 實驗中利用 3D 模型列印出不同斑蝻的模型並將其使用熱熔膠黏附在模型底部，再以水流衝擊觀察不同模型的吸附力。在這個實驗中，有可能模型的吸附能力是取決於熱融膠的黏著力，不一定與模型外觀有直接關係，後續實驗使用防水黏土粘接也可能因為黏土附著面積不同受到影響。建議構思其它方法來測量模型的流體力學。

摘要

斑蝟(*Melanoides maculata*)為台灣於 2005 年發表的記錄種，在外形上與網蝟(*M. tuberculata*)非常相似，斑蝟口蓋旁有條黑色弧線，是辨別此兩種螺類最明顯的特徵。斑蝟除了會攝食微藻外，亦須攝食一些其他的有機碎屑，才能維持正常的活動力，因此在底質為泥沙的水域中生長情況最佳。斑蝟在粗糙的底質上移動速度最快，但腹足吸附力不強，體長 1.8~2.2cm 的斑蝟，最大吸附力約為 0.52 gw。斑蝟的外殼並非撐著，而是貼在水域底部，故只有在移動時，腹足才需使力；呈流線形的外型可讓斑蝟在靜止和移動時，皆能降低水流阻力。斑蝟爬行角度不可超過 150°、水流強度不可超過 20 cm/s，因此水利工程除須考慮底質組成，亦需考量牆面設計的角度及流速。

壹、研究動機

學校附近的池塘中居然發現了外型類似「燒酒螺」的螺類，這種螺類有流線型錐狀外殼，與平常在野外看到的非洲大蝸牛和田裡的田螺、福壽螺外型差異很大，查資料後發現，此種螺為斑蝟，是 2005 年才發表的紀錄種，我們對這種螺的習性感到好奇，牠為什麼都在池塘底部移動，底部有牠的食物嗎？牠的外殼平貼在泥沙上，其流線形的外型是否是為了適應水流強度？於是我們決定把它當作科展題目。

貳、研究目的

1. 了解斑蝟的外型特徵。
2. 探討斑蝟的食性。
3. 探索斑蝟的移動特徵。
4. 探討斑蝟的習性與其他螺類的差異。
5. 了解斑蝟特性與其生存環境的關係。



斑蝟主要生活環境

肆、研究步驟

一、斑蝟外型特徵

(一) 斑蝟與網蝟的差異

1. 查詢斑蝟與網蝟基本資料
2. 解剖顯微鏡觀察斑蝟與網蝟兩種螺類的外型差異

二、斑蝟食性調查

(一) 觀察攝食食物種類

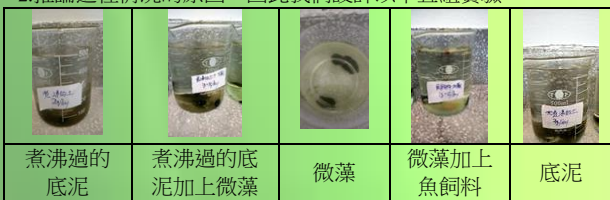
1. 準備 5 個 500ml 燒杯，使水深 10 cm，分別放入下圖所示食物。



2. 每一個容器再放入五隻斑蝟，利用攝影機觀察斑蝟攝食情況。

(二) 攝食微藻的形式

1. 斑蝟攝食微藻，利用塑膠片(1cm²)培養微藻供斑蝟攝食，而泥沙培養斑蝟，發現斑蝟不僅存活率高且活動力佳。
2. 推論這種情況的原因，因此我們設計以下五組實驗：



3. 各組放入三隻斑蝟進行實驗，每五天測試一次斑蝟的吸附能力。

三、斑蝟移動能力

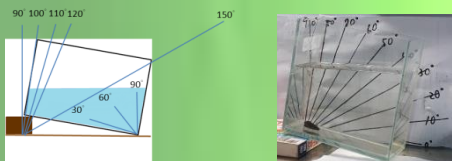
(一) 固定式粗糙面對斑蝟移動速度的影響

1. 將 80 號、320 號、1500 號的水砂紙塞進長方形缸。
2. 水缸底部墊一張畫著 0cm~10cm 刻度的白紙，再裝水至 5cm 深。
3. 每組實驗三次，將餌料放置終點處，計算所需時間。



(二) 移動式粗糙面對斑蝟移動速度的影響

1. 分別將三種不同粗細的砂子放入缸底。
2. 缸子裝水至 5cm 深，在水缸底部墊一張畫著 0cm~10cm 刻度的白紙
3. 每組實驗三次，將餌料放置終點處，計算所需時間。



(三) 爬行角度對螺移動影響的觀察

1. 利調整水族缸角度，使角度呈現 0°、10°、20°、30°、60°、90°、100°、110°、120°、150°。
2. 每組實驗三次，每次放置飢餓一天的斑蝟於缸子底部，將餌料放置缸子上方。

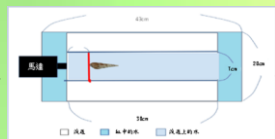
(四) 斑蝟吸附力與水流強度之關係

1. 水流強度與斑蝟吸附力之關係
(1) 準備一個外掛式馬達和魚缸，在魚缸中設計水道。
(2) 水流衝擊強度設定為 10 cm/s、15 cm/s、20 cm/s。
(3) 放一隻斑蝟於固定位置，頭部朝水流衝擊方向，每種水流強度使用不同的三隻的斑蝟分別測量吸附時間。



2. 水溫與斑蝟吸附力之關係

- (1) 以加溫棒和冰塊將水溫調整為 15°C、20°C、25°C、30°C，水流衝擊強度設定為 15 cm/s。
- (2) 放一隻斑蝟於固定位置，頭部朝水流衝擊方向，以不同的三隻的斑蝟分別測量其吸附時間。



參、研究器材

一、研究生物: 斑蝟(*Melanoides maculata*)

屬腹足綱(Gastropoda)、吸螺目(Sorbeoconcha)、跑螺科(Thiaridae)、擬黑螺屬(*Melanoides*)。

二、研究設備

網蝟(*Melanoides tuberculata*)、錐蝟(*Stenomelania plicaria*)、石田螺 (*Sinotaia quadrata*)、台灣類扁蝟(*Polyphylis hemisphaerula*)、玻璃缸(43* 20* 23.5 cm)、外掛式馬達(型號 OTOTTO HF360 : (Max Flow:360L/H)(Watt =4.5 W))、保麗龍球、流道(透明壓克力)、碼錶、水砂紙(80 號、320 號、1500 號(每一平方英寸網目數))、沙子(直徑 0.3、1.6、3.5mm)、縮時攝影機、睡蓮、水蘊草、蝦、魚飼料、長鑷子、相機、酒精燈、池塘底泥、熱熔膠、防水性黏土、壁貼、量角器、撈網、燒杯、試管、滴管、壓克力透明方盒、尺、Movies Maker 軟體、Image J 軟體、123D Design 繪圖軟體、3D 列印機、電子天秤

三、其他實驗生物:

網蝟(*Melanoides tuberculata*)、錐蝟(*Stenomelania plicaria*)、石田螺 (*Sinotaia quadrata*)、台灣類扁蝟(*Polyphylis hemisphaerula*)

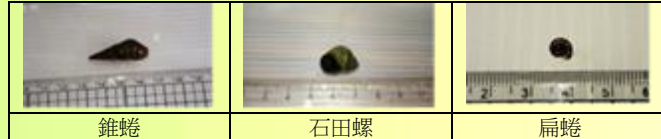
3. 斑蝟擺放方向對吸附力之影響

- (1) 準備一個外掛式馬達和魚缸，在魚缸中設計水道。
- (2) 把螺放在流道上，距離馬達 5 公分處，分別將斑蝟的頭部擺向水流出口處、背對水流出口處和與水流出口處垂直，水流衝擊強度設定為 15 cm/s。
- (3) 每種擺放方向使用不同的三隻的斑蝟，由水流開始後計時至螺被沖走之秒數，每種擺放方式重複 3 次。

四、探討斑蝟習性與其生存環境的關係

(一) 生存環境分布調查

1. 觀察四種淡水螺，斑蝟、錐蝟、石田螺和扁蝟生存環境和習性。



2. 用目視和手撈網，觀察池壁、池底各種螺類分布數量、移動方式。

(二) 比較三種淡水螺外型特徵

- (1) 準備斑蝟、錐蝟、石田螺各 5 隻，測量其腹足面積、重量、殼長、殼寬，並分析三種螺類腹足面積、重量、殼長、殼寬之關係。

(三) 比較三種淡水螺移動特徵

1. 三種淡水螺移動時腹足面積變化與移動距離之關係

- (1) 腹足平貼在透明缸底上以 ImageJ 軟體測量面積的變化與移動距離。



2. 固定式粗糙面對三種淡水螺移動速度的影響

- (1) 將 80 號、320 號、1500 號的水砂紙塞進長方形缸。
- (2) 每組重複三次，每次放置 1 隻飢餓一天的斑蝟、錐蝟、石田螺於起點線，把餌料放終點，攝影機錄下行徑時間及距離。
3. 移動式粗糙面對斑蝟移動速度的影響
(1) 分別將三種不同粗細的砂子放入缸底。
(2) 每組重複三次，每次放置 1 隻飢餓一天的斑蝟、錐蝟、石田螺於起點線，把餌料放終點，攝影機錄下行徑時間及距離。
4. 比較三種淡水螺的吸附力

- (1) 準備外掛式馬達和魚缸，在魚缸中設計水道。水流衝擊強度設定為 15 cm/s，測試斑蝟、錐蝟、石田螺附着力。

(四) 探討影響斑蝟對抗水流衝擊能力的因素

1. 吸附面積大小與對抗水流衝擊的影響

- (1) 利用 123D Design 畫出斑蝟外型，再使用 3D 列印五個斑蝟的模型。
- (2) 剪裁半徑為 2、4、6、8、10mm 的圓形吸附紙，在模型基部放入防水性黏土後使用熱熔膠將吸附構造黏上去。
- (3) 水流衝擊強度設定為 15 cm/s，觀察五個模型的附着力。

2. 吸附面積形狀與對抗水流衝擊的影響

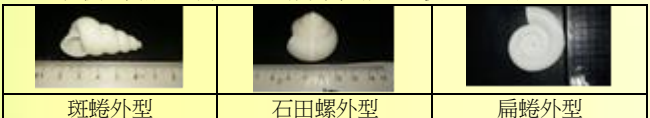
- (1) 利用 123D Design 畫出斑蝟外型，再使用 3D 列印五個斑蝟的模型。
- (2) 剪裁五張面積約 50mm²，但形狀分別為三角形、正方形、六邊形、圓形和橢圓形吸附紙，在模型基部放入防水性黏土使用熱熔膠黏上吸附構造。
- (3) 水流衝擊強度設定為 15 cm/s，觀察五個模型的附着力。

3. 重量大小與對抗水流衝擊的影響

- (1) 利用 123D Design 畫出斑蝟外型，再使用 3D 列印五個斑蝟的模型。在模型內放入重量分別為 1、2、3、4、5g 的防水性黏土。
- (2) 剪裁五張面積五張半徑為 4mm 的圓形吸附紙，在模型基部放入防水性黏土後使用熱熔膠將吸附構造黏上去。
- (3) 水流衝擊強度設定為 15 cm/s，觀察五個模型的附着力。

4. 外型與對抗水流衝擊的影響

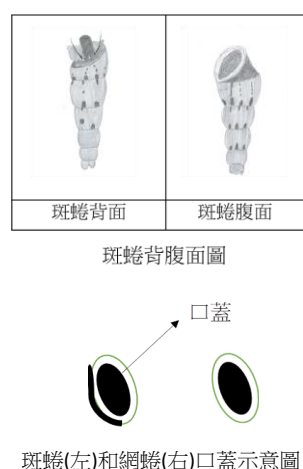
- (1) 利用 123D Design 畫出斑蝟、石田螺、扁蝟外型，再使用 3D 列印模型。在模型內放入不同重量的防水性黏土，使重量一致。



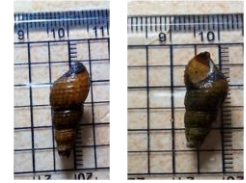

- (2) 剪裁五張半徑為 4mm 的圓形吸附紙，在模型基部使用熱熔膠將吸附構造黏上去。
- (3) 水流衝擊強度設定為 15 cm/s，觀察 3 模型的附着力。

伍、研究結果與討論

一、斑蝟外型特徵



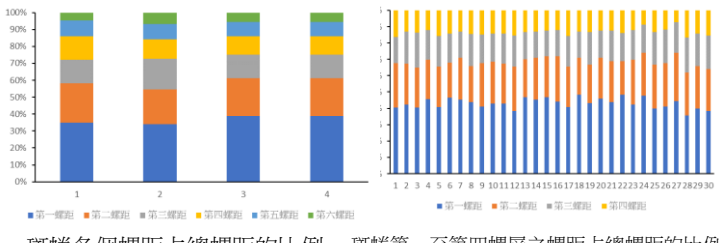
斑蝟(左)和網蝟(右)口蓋示意圖

種類	表面紋路	表面斑點	口蓋特徵	照片
斑蝟	有格狀紋路	有褐色凸起斑點不規則分布	旁邊有條黑色弧線	
網蝟	不規則網狀紋路	無	無	

野外採集螺類，常把斑蝟和網蝟搞混。上網查詢相關資料，發現有人用16s的DNA序列確認這兩種為不同種的螺類。在野外採集，不可能以DNA確認，所以我們用三種特徵-表面紋路及斑點、口蓋特徵來分辨。

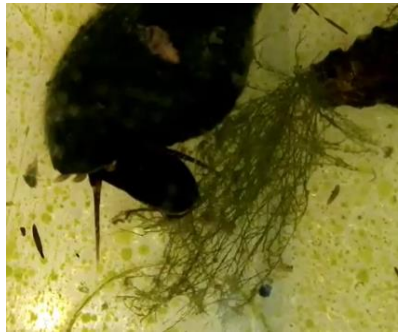
斑蝟的重量與殼長呈現高度相關；殼長與殼口寬、殼寬與殼口寬、殼寬與殼口長幾乎不相關。斑蝟的重量與殼長呈現高度相關，由殼長可以轉換斑蝟的重量，其關係式為 $y=0.9772x+1.3951$ (x為斑蝟重量;y為殼長)

斑蝟各個螺距占總螺距的比例 斑蝟第一至第四螺層之螺距占總螺距的比例




斑蝟外殼若未被腐蝕，會呈現六個螺層。但野外採集的斑蝟其第五、六螺層的螺殼常被腐蝕，因此本研究中的殼長，量測至第四螺層，所以要換算成實際螺殼長度需除以0.86(1~4螺層佔斑蝟總長度約為86%)。

二、斑蝟食性調查



斑蝟攝食絲藻(上)
斑蝟攝食魚飼料(下)



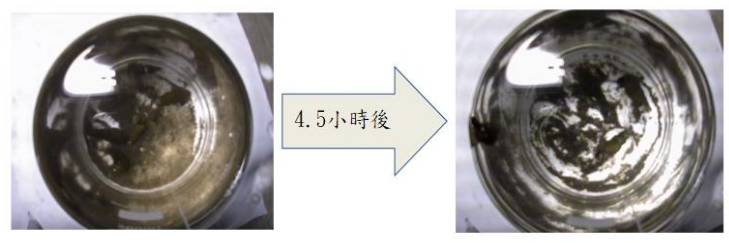
斑蝟刮食微藻痕跡(上)
微藻照片及種類(下)

Cosmarium bioculatum
Chlorella sp.

食性實驗發現斑蝟會攝食魚飼料、魚蝦屍體。野外觀察到斑蝟生存在有底泥的環境中，實驗證明斑蝟除攝食微藻外，亦需攝食其他物質，才能維持與對照組相同(或超過)的吸附力。

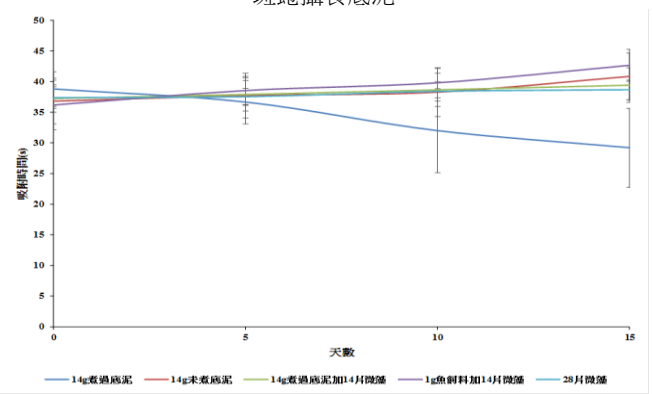
網路上資料顯示斑蝟的食物是微藻，但我們只提供微藻給斑蝟時，活動力卻下降。

斑蝟攝食底泥

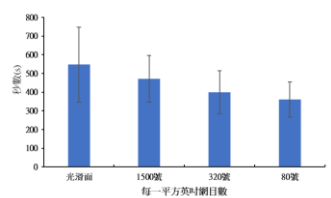


4.5小時後

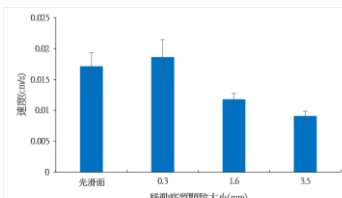
斑蝟攝食不同食物種類的吸附能力



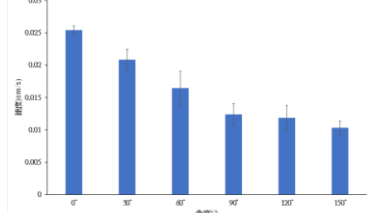
三、斑蝟移動能力



粗糙面對移動時間的影響



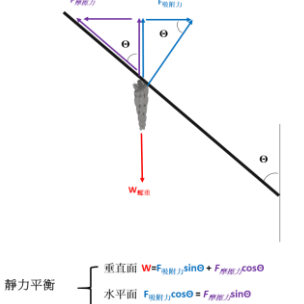
不同大小顆粒的砂子對斑蝟移動之影響



爬行面角度對速率影響

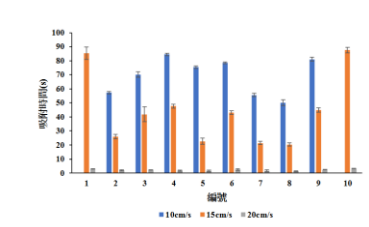
斑蝟在最粗糙的砂紙上速度最快。根據摩擦力公式 $F_{\text{摩擦}} = \mu F_N$ ，接觸面愈粗糙， μ 愈大， $F_{\text{摩擦}}$ 就愈大，使斑蝟在運動時不會向後滑動，增加移動速度。斑蝟在0.3mm的細沙上移動最快，是因為顆粒較小的砂子空間填滿度上較顆粒大的砂子還要扎實，使得斑蝟在顆粒小的砂子上移動時不容易產生相對滑動的現象，進而獲得較大的移動速度。

爬行面角度愈大，斑蝟爬行速度愈慢。斑蝟爬行角度的極限值為 150° 。斑蝟此時最大的吸附力 $\approx 0.52 \text{ gw}$ 。

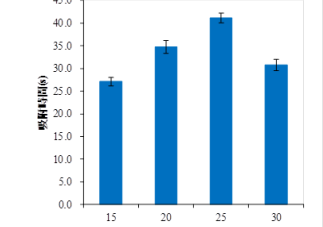


靜力平衡

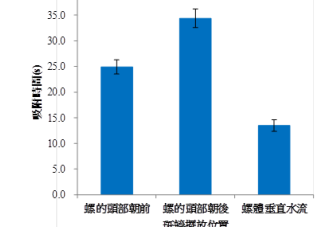
- 垂直面 $W = F_{\text{吸附}} \sin \theta + F_{\text{摩擦}} \cos \theta$
- 水平面 $F_{\text{吸附}} \cos \theta = F_{\text{摩擦}} \sin \theta$



水流大小對吸附時間影響



水溫對吸附時間影響



擺放位置吸附時間影響

水流速度10 cm/s時，編號1和10吸附時間超過300s；水流速度在20 cm/s時，斑蝟吸附時間太短，因此之後的實驗，水流速度設定皆為15cm/s。在25°C時，吸附時間最長。斑蝟的頭部平行於水流方向其吸附時間明顯高於垂直於水流方向。

四、斑蝟習性與其生存環境

斑蝟與其他螺類生存環境調查表

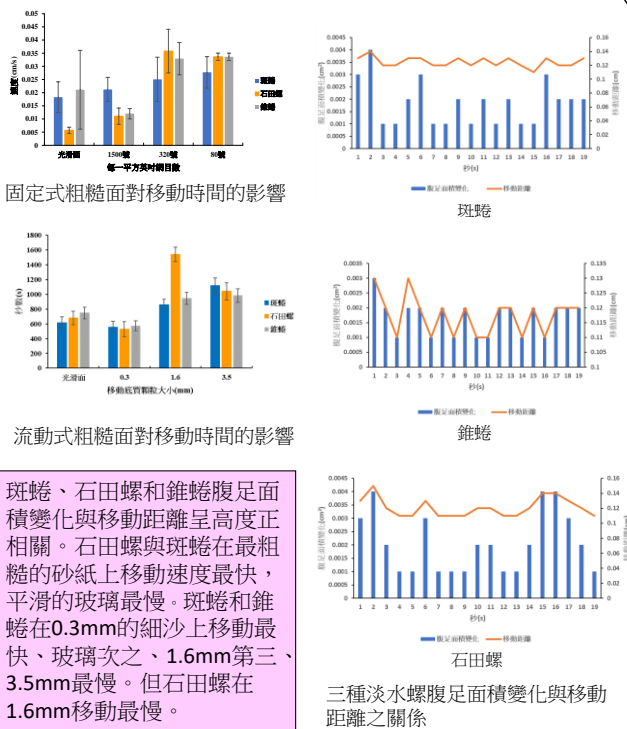
項目位置	環境概況	底質(石/砂/泥)	底部螺類種類	水草種類	附著在水草上的螺類	水深(cm)	藻類生長情形	備註
山區池塘(底質主要為石頭)	水質乾淨,底質少泥砂但有較多大石頭	石	主要為錐蝟、有一些斑蝟分布於其中	睡蓮、菖蒲、宮廷草	囊螺	35.35	底部有綠藻	無
山區池塘(底質主要為泥和砂)	水質乾淨,有許多沉水性水草	泥	斑蝟、錐蝟	大網草、迷你椒草	臺灣錐實螺	38.40	絲藻茂盛	絲藻間有許多蝦及大肚魚,有最多的螺類分佈
田邊灌溉用水溝	水面有浮一層油,有農藥味,幾乎沒有螺類分布	泥	無	睡蓮	無	30.40	無藻類	有許多石田螺空殼
鄉區溪流	有湧泉,水深較淺,水面有大量滿江紅,岸邊有大量植被	石	斑蝟、石田螺	滿江紅、睡蓮、布袋蓮	囊螺	12.10	清澈無藻類	流速較快
市區水溝	螺類體型小,水中幾乎無沉水性水草	石和泥	斑蝟、囊螺	無	無	1.50	綠藻	無
廢棄茭白筍田	有蝦子和大肚魚,但水質不如山區池塘	泥	福壽螺、錐蝟、石田螺	水蘊草	扁蝟	13.50	微量藻類	最多扁蝟分布

現象	提出疑問
斑蝟絕大部分生活於水域中的底部,鮮少在較高處發現其蹤跡	斑蝟白天、氣溫過高或過低皆會躲在底泥裡,因此在這些時段與季節中,水流強弱對其影響似乎不大。
外力碰觸斑蝟,腹足就收縮,從壁上掉落	斑蝟生活區域在水域中的底部,腹足用來拖動外殼進行移動的功能應大於用來吸附。
斑蝟腹足的吸附力差	如果斑蝟腹足的吸附力差,就算是流線型的外殼亦無法適應水流而被沖走。
主要生存的水域,大多流速緩慢,所以常可在池塘中發現。	既然大多在流速緩慢的水域中生存,流線型錐狀外殼似乎沒有明顯的生存優勢。

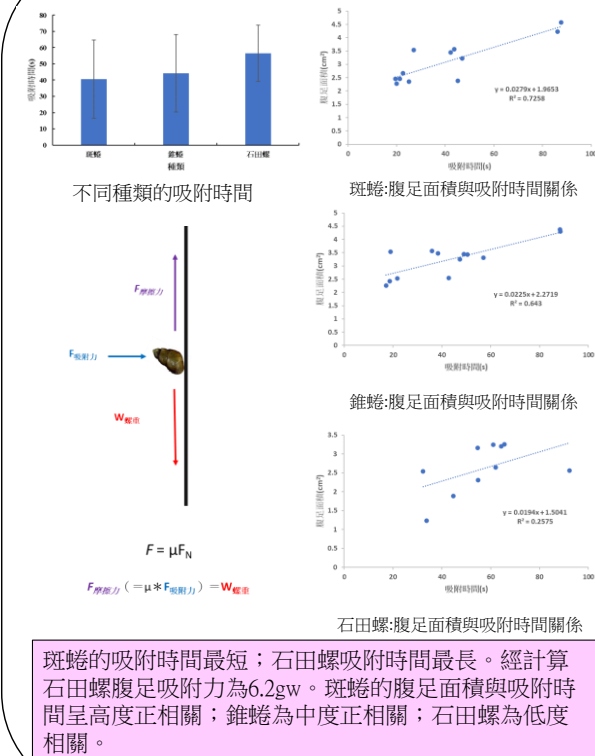
山區池塘和市區水溝只要環境適合,水深1.5~38.4cm皆可發現斑蝟。但市區水溝之斑蝟體型比山區小一半左右。斑蝟對水質和溶氧要求很高,這些環境因素皆會影響生存。

五、比較三種淡水螺移動特徵

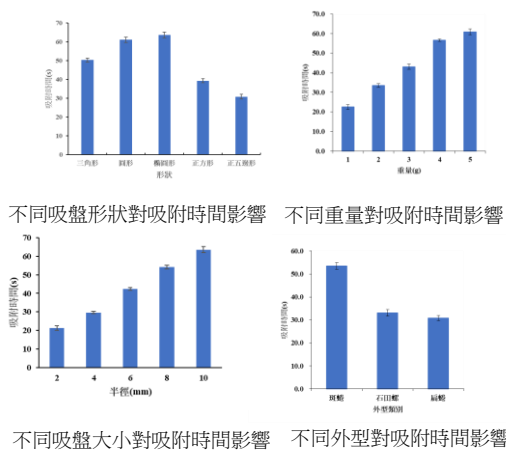
相同點



相異點



六、探討影響斑蝟對抗水流衝擊能力的因素



$$F_D = 1/2 \rho v^2 C_D A$$

F_D 為阻力
 ρ 為流體密度
 v 是流體相對物體的速度
 A 為截面積
 C_D 為阻力係數

三種3D模型水流阻力

種類	$\rho(g/cm^3)$	$V(cm/s)$	C_D	$A(cm^2)$	F_D
斑蝟	1	15	0.04	3.135	14.11
石田螺	1	15	0.78	5.062	446.13
扁蝟	1	15	0.07	4.164	32.79

影響吸附力因素包括殼的外型、面對水流的角度及腹足吸附能力。在3D模型外型上,斑蝟外型模型吸附時間最長。根據水流阻力公式計算,石田螺外形水流阻力最大,是斑蝟的31.6倍。

陸、結論

斑蝟(*M. maculata*) 在外形上與網蝟非常相似,一般差異主要在表面紋路和斑點上,但因外殼常被藻類覆蓋和個體差異,造成不易分辨此兩種螺類,我們發現斑蝟口蓋旁有條黑色弧線,是辨別此兩種螺類最明顯的特徵。

斑蝟除攝食微藻,亦須攝食一些其他的有機碎屑,才能維持正常的活動力,因此主要生存在底質為泥沙的天然環境中。而斑蝟的外形特徵和習性有以下幾點,利於生存於該環境:

- 方便攝食:與石田螺相較,斑蝟更常伸出長長的口部,吸取周遭的底泥。石田螺則主要是刮食壁上的藻類。
- 移動省力:斑蝟為拖著外殼移動,且絕大部分時間皆在水域中的底部移動,省下時時刻刻揹著外殼的力量。斑蝟平均單位面積的腹足要拖動0.55g的重量,但石田螺的腹足卻時時刻刻承受0.95g的重量。
- 減少阻力:斑蝟外殼為流線型,移動方式為拖著外殼,流線的外型可以減少水的阻力。
- 安全與保護:在光線強、氣溫太高太低,斑蝟可以整隻躲在泥沙中。

斑蝟的腹足功能與其說是為了吸附在基質,不如說是主要用於移動。外殼呈流線型與其說是為了抵抗水流衝擊,不如說是移動時可以減少水的阻力。水利工程在設計時,須考慮到斑蝟主要在水域中的底部移動與攝食,因此底質需有泥和沙;其吸附力不強,故厚實且角度大的水泥牆將限制斑蝟的分布。

柒、未來展望

- 高雄市茄苳濕地底棲生物監測報告(2012)發現該處有斑蝟,所以未來想進一步了解,斑蝟在不同鹽度的環境下生存的情況。
- 因為斑蝟吸附力不強,在保育與開發的衡量下,水利工程設計可考慮在底部開洞,但洞的高度、寬度、形狀、厚度及上方如有遮陽構造,是否更能吸引斑蝟在此處移動,則須進一步探討。

