

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

**第一名**

081554

蚌.我.魚.生

學校名稱：嘉義市東區崇文國民小學

作者：  小六 周奕呈  小六 吳耀承  小六 王詩雅  小六 周奕宏	指導老師：  廖建溢  楊淑雅
---	-----------------------------

關鍵詞：高體鯿鰕、圓蚌、鉤介幼蟲

## 壹、摘要

2007年3月起，我們由市場上賣的蚌開始，以野外調查棲地環境為基礎佈置飼養觀察環境，探究高體鯉鰻與圓蚌之間的共生關係與繁殖習性。

在魚方面的發現有：1. 雌魚正確產卵位置是在出水孔。2. 產在圓蚌時有例外的特殊位置-背角縫隙。3. 誘使雌魚產卵的必要條件是視覺與水流。4. 高體鯉鰻的魚卵在外型、數量、卵膜與孵化時間等特徵與發育過程上與其他魚卵不同。

在蚌方面：1. 繁殖時分泌黏液絲且有特殊功能。2. 引發鉤介幼蟲夾合主要是觸覺。3. 鉤介幼蟲在低溫、中性、低鹽度的水質存活時間較長。4. 鉤介幼蟲短期（約2週）寄生在魚身上，變態後脫落，屬不完全變態。5. 幼蟲寄生數最多的位置在魚的胸鰭。6. 鉤介幼蟲可以寄生在其他魚種上。7. 魚鰭的鰭條粗細與寄生數量有關係。

高體鯉鰻與蚌的互利共生 (+/+) 關係則包含有鯉鰻魚卵產在蚌中的片利共生 (+/0) 與鉤介幼蟲對魚體的寄生行為 (+/-)。

## 貳、研究動機：

去年三月媽媽從市場買回比文蛤還大，稱為「禪盃」的淡水貝類，在好奇心的驅使下留下些許飼養，並帶到學校請教老師。沒想到老師很高興的說這是很久沒看到的「田貝」--河蚌，建議我們可以繼續飼養觀察。更不可思議的是：在我們飼養河蚌的水族箱內竟生出了小魚。查閱資料後發現在台灣有高體鯉鰻與台灣石鮒兩種魚與蚌共生，小魚應為其中一種；但對於如何共生卻不清楚。因此我們決定以三上第二單元-動物的身體和運動、四上第二單元-水中的生物及五上第二單元-形形色色的生物為基礎；並配合六上第一單元-生物的繁殖做成專題報告，深入探究其中奧妙。

## 參、研究目的：

- 一、觀察蚌與魚的棲地環境、形態特徵
- 二、研究蚌的生殖方式
- 三、研究鯉鰻亞科魚的生殖方式
- 四、探討蚌與鯉鰻的共生關係
- 五、蚌與魚所面臨的困境



東市場蚌攤販



北港牛墟市場蚌攤販

## 肆、研究設備與器材：略（附件）

## 伍、研究方法及結果：

### 【研究一】觀察蚌的棲地環境、蚌與魚形態特徵

#### 一、文獻探討與專家鑑定：

- （一）方法：蒐集台灣本土淡水貝類蚌科文獻資料，判別我們飼養的河蚌種類與形態特徵，再利用參觀嘉義市立博物館-「貝殼的故事特展」及拜訪嘉義大學水生生物學系的機會，分別請教賴景陽先生及賴弘智教授做進一步鑑定討論。
- （二）結果：市場買到的蚌有2種，根據中央研究院生物多樣性研究中心的台灣貝類資料庫（2004）中紀錄，台灣共有3種蚌科貝類：分別為石蚌、圓蚌和青蚌。經過特徵比對及專家鑑定後確認這兩種分別為石蚌和圓蚌，我們便以這兩種蚌與高體鯉鰻等魚作為觀察對象。

表 1 石蚌與圓蚌比較表		
	石蚌 <i>Unio douglasiae taiwanicus</i>	圓蚌 <i>Anodonta woodiana</i>
型態特徵	殼較小，呈長橢圓形，前端短圓弧而後端長尖形，殼頂偏向前方，殼質十分堅硬。殼皮大多為黃綠色或棕黑褐色。在殼頂區域有不規則的突出。殼內面有真珠光澤，鉸齒明顯而發達，主鉸齒與前側鉸齒相連成顯著突出的三角形，而後側鉸齒則十分細長，一直延伸至後閉殼肌痕處，為台灣特有種。	殼較大，呈卵圓形，前端圓弧後端突起成翼狀截形角。殼頂發達而明顯。殼表綠褐色或棕黑色而有細生長線，殼長可達 15 公分。殼內面有珍珠光澤，珍珠層較厚，鉸合部無齒或不明顯，因這些特徵，在大陸地區又稱為背角無齒蚌。
俗名	崎獨仔、山瓜仔、淡水海瓜仔	河蚌、田蚌、田貝、加貝仔、橋貝

(三) 討論：

市場賣蚌婆婆說那些蚌是枯水期到「大埤」摸的，大埤指的應是蘭潭(紅毛埤)，為了解這些蚌原始棲息環境以利佈置飼養觀察環境，我們決定到蘭潭野外實察。另外從網路上得知苗栗及雲林也有鱗鮒跟蚌，所以去年暑假請老師帶我們去一探究竟。

二、野外實察：

(一) 方法：為了解原始棲息環境以利長期飼養觀察，分別前往嘉義蘭潭、苗栗縣銅鑼鄉、三義鄉、雲林縣白雲自然生態研究協會許先生園區等地實察。



蘭潭洩洪道



銅鑼灌溉溝渠



三義水田旁灌溉溝渠



雲林人造河道

(二) 結果：

1. 蘭潭在冬季枯水期時潭邊有許多圓蚌和石蚌的死殼，經抽樣計數，每平方公尺最高達 67 顆石蚌、8 顆圓蚌死殼，岸邊底層介質分別有黏土、砂質土壤、含鐵紅土及礫石，水質酸鹼約 pH7.4；近岸邊有少許藻類並散出腥味，水中還能撈到活蚌。



以 1M<sup>2</sup> 估算死殼



遺骸分層明顯



蚌殼密度甚高，石蚌比圓蚌多，約 14:3

2. 苗栗三義鯉魚潭村、銅鑼等地原本有高體鱗鮒的水塘已全被吳郭魚取代，水塘周圍養鴨，水質略優養化，池邊無蚌類死殼。再沿三義、銅鑼附近灌溉溝渠尋找，也只有發現河蜆，而沒有蚌科貝類，魚類則有台灣馬口魚及台灣石賓，無鱗鮒魚。



溝渠內河蜆頗多



鴨塘略優養化



吳郭魚佔據



雲林人工湖

3. 雲林白雲自然生態研究協會許春德先生表示：該園區將人工湖泊底部的糞便淤泥抽到湖泊淺水處及人工溪流中供河蚌濾食，因此能在人爲環境長期繁養河蚌。

(三) 討論：

1. 蘭潭地區蚌科生物的分布情形？
蘭潭地區有石蚌與圓蚌，死殼數量雖然石蚌多於圓蚌，但實際飼養時卻發現石蚌對水質變化較敏感，且圓蚌較容易飼養與繁殖。所以究竟是枯水期水位驟降、水中物質濃度增高、水質惡化造成死亡石蚌較多；或是原本潭中石蚌數量較多，還有待進一步研究。
2. 野外蚌的生存狀況？
目前除蘭潭水庫及人工復育外，我們踏查的其他地區已經找不到蚌了，推測除水質污染是主要原因，天敵如吳郭魚、烏鰡等取食等也可能有影響。而在水庫中，枯水期的水位及水質變化、雨季時泥沙淤積覆蓋也都會造成威脅。
3. 蚌的生存環境及如何人爲飼養？
蚌的生存環境應有 <b>夠深的砂質或泥質底土供其潛遁</b> ，且要有 <b>足夠溶氧量及有機碎屑</b> ，人爲環境中飼養應 <b>避免太強的過濾設備及顆粒太粗的底砂</b> ，以免妨礙濾食而影響生存。

三、飼養觀察：

(一) 方法：

1. 在學校以水族箱長時間飼養、觀察、測量並拍照紀錄。

飼養區	在 4.2 x 0.6 x 0.8 m <sup>3</sup> 魚池上方裝設 80 L 水箱，水箱底土 15 cm 深。		
觀察區	60 x 30 x 45 cm <sup>3</sup> 寬水族箱，底土 10 cm 深。佈置水草，除能提供於遮蔽外，有機碎屑也可供蚌濾食。		

2. 觀察與測量圓蚌的外殼：分別取 62 顆圓蚌以游標卡尺及量角器測量殼長、殼寬、殼高及背角，並紀錄作成圖表。

(二) 結果：

1. 圓蚌與高體鯉的觀察：

(1) 蚌外觀各部位構造及功能：

斧足				
	伸出斧足→ 插入泥沙 → 斧足前端充血膨大(錨定) → 殼身先上拉後向下約 45 度遁入底砂			
出水孔				
	由出水孔可以看見鰓上腔裡面的鰓軸以及連接鰓水管的管道。		有肉質、捲筒狀的構造可以改變出水方向也可以緊閉以自我保護，糞便、擬糞與鉤介幼蟲均由此排出。	
入水孔				
	滴入食用色素觀察到水由入水孔流入。	有肉質鬚，成柵欄狀，在濾食時可以濾除過大無法處理的顆粒，較小的有機質碎屑、藻類等則通過成爲食物來源。		
備註	在身體後端兩片外套膜有一個癒合點，使外套膜在背緣形成出水孔與腹緣的較大的入水口，斧足則由腹緣另一端出入，與文蛤之類有明顯出入水管不同。			

## (2) 高體鏘鰱外部形態特徵

雄魚	1. 	2. 	3. 
	<p>1. 頭小、吻尖、口端位，無鬚。背部隆起明顯，因此稱爲高體鏘鰱。雄魚黑斑較不明顯，尾柄有藍色縱紋，略泛虹彩光澤。</p> <p>2. 3. 成熟雄魚眼鮮紅，體色鮮豔，吻端出現追星。追星是由白色小突起叢聚組成，除吻端最明顯外，眼睛周圍也有分布。</p>		

雌魚

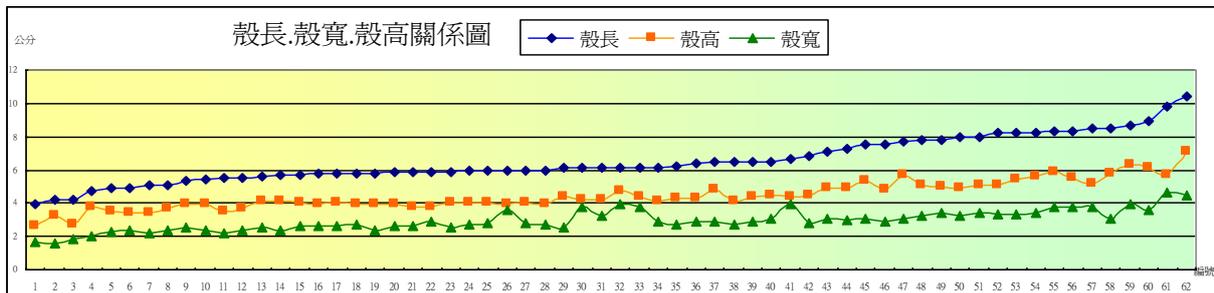


雌魚體型較小，體色樸素，背鰭上有黑斑，生殖孔伸出細長產卵管，繁殖鰭體色略泛黃。產卵管質地柔軟，游動時常隨水擺動。

## 2. 蚌殼測量結果：

(1) 殼長、寬、高大致上成正比關係，殼長愈長，殼寬與殼高也愈長。其中殼高/殼長平均為 0.68，殼寬/殼高平均為 0.66；近似於黃金分割比 0.62。此外測量背角角度 136.38，接近黃金角 137.51。

	殼長	殼高	殼寬	背角角度	殼高/殼長	殼寬/殼高
平均	6.99 cm	4.70 cm	3.10 cm	136.38 度	0.68	0.66

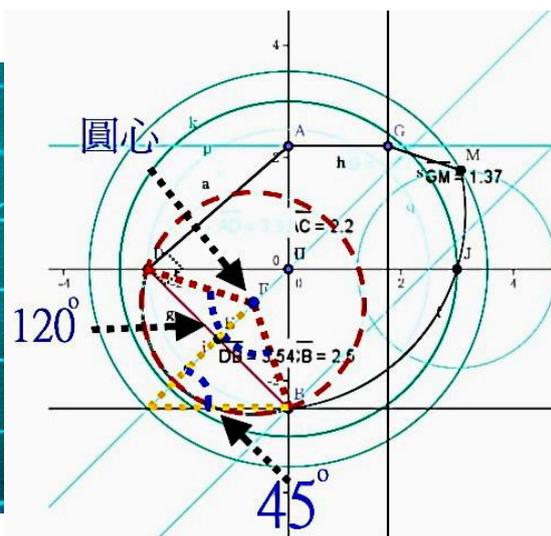


## (三) 發現與討論：

### 1. 蚌的外型與營生方式是否有關？

觀察圓蚌的外型我們發現：斧足在前端圓弧處作為伸縮的位置，潛砂時多半正好以  $45^\circ$  角先抬高後向下切入砂中。且該圓弧正好是  $1/3$  圓周，因此斧足若由這個圓的圓心伸縮，則他到圓弧上每一個點的距離剛好相等。此外，斧足端從側面看是約  $60^\circ$  角斧頭般的楔型，以斜面原理是可以達到省力的目的。

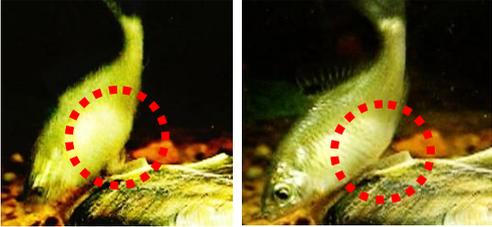
出、入水孔的位置則正好在後端背角的邊緣，潛砂時出水孔的位子正好切齊沙土表層，達到很好的隱藏效果。



## 2. 高體鯉鰻雌魚產卵管為何特別長？又如何產卵呢？

雌魚產卵管相關文獻討論	
敘述	資料來源
雌魚的產卵管為 <b>柔軟的肌肉組織</b> ...利用排尿方式使產卵管伸直進入蚌的出水口中。	吳華蓉等（2000）
鯉鰻產卵管本身並無 <b>肌肉組織</b> ，而僅是 <b>普通的膜狀管</b> 而已。	國立海洋生物博物館網頁

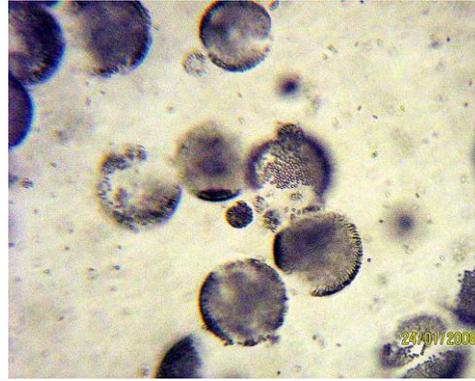
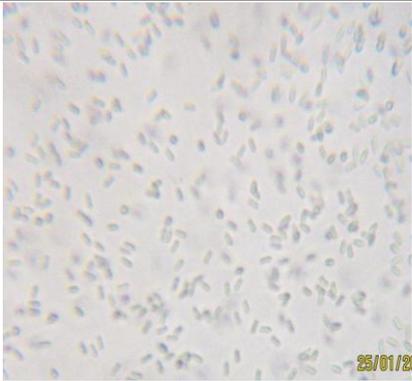
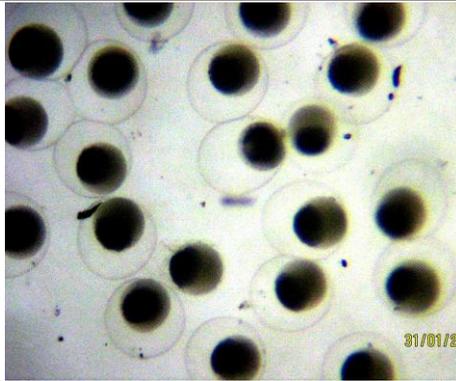
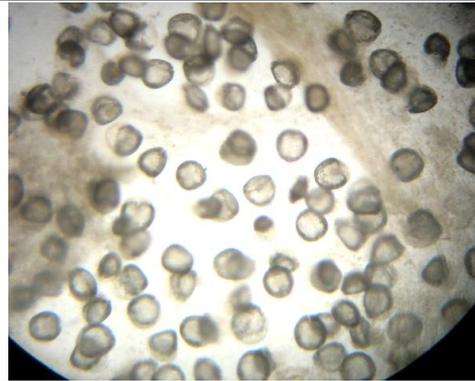
	<p>我們的觀察：  <b>產卵管前端基柄部</b>（箭頭處）<b>有肌肉組織</b>，能控制方向與收縮，產卵時將此部位往前塞入蚌的出水孔中；            末端才是輸送用的<b>膜狀管</b>，柔軟而有彈性，但無法像肌肉一樣隨意控制，因此應不是肌肉組織。</p>
---	--

### 【研究二】研究蚌的生殖方式

#### 一、圓蚌的授精方式

- (一) 方法：長期飼養觀察並紀錄
- (二) 結果：

1. 我們換水時發現因溫度刺激使公蚌開始排精，吸取精液置於顯微鏡下觀察，看到繞圈滾動的精子球，並釋放出數量龐大的精子。
2. 將雄蚌精水倒入另外飼養未曾受孕的母蚌缸中觀察是否會刺激排卵或受孕：自 1 月 24 日倒第 1 次，1 月 25 日第 2 次；以加溫器恆溫攝氏 25 度的狀況下，分別到 3 月 7 日、3 月 9 日、3 月 10 日觀察到雌蚌排放鉤介幼蟲，幼蟲在育兒囊內發育約 43-46 天。

		
雄蚌排精使水渾濁	顯微鏡下的精子球	精子球邊滾動邊釋出精子【影片】
		
細小的精子【影片】	受精卵	可看出鉤介幼蟲形狀【影片】

(三) 討論：

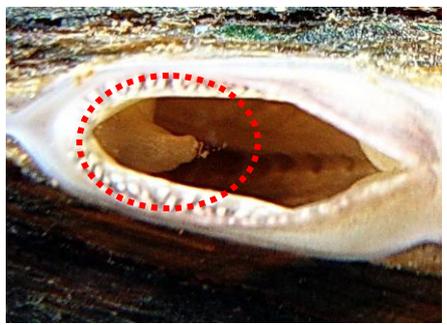
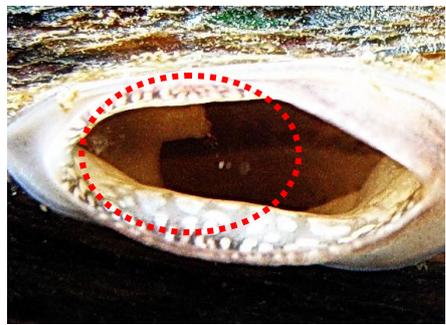
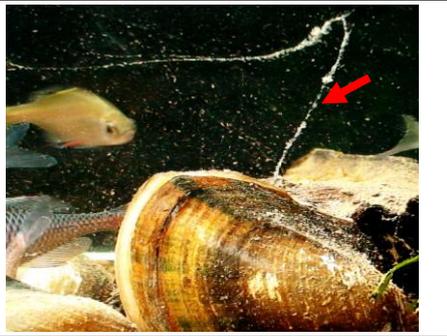
1. 圓蚌的受精方式是體內授精還是體外授精呢？

圓蚌是雄蚌先排放精子，含有精子之水，順著水流從入水孔進到雌蚌體內的鰓瓣之間。雌體則將成熟的卵通過輸卵管自生殖腺排出，聚集在它自己的鰓瓣上的育兒囊完成授精並慢慢孵化，因此我們認為是很特殊的**體外授精**，且具有無脊椎動物中少見的**育幼行為**。

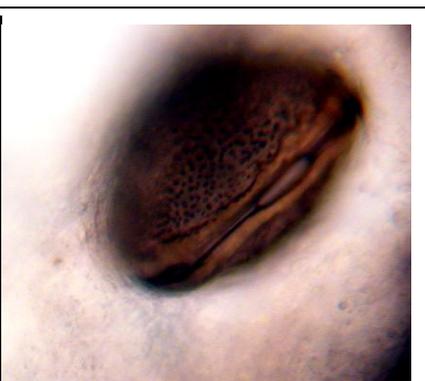
二、觀察圓蚌繁殖下一代的方式：

(一) 方法：觀察圓蚌產生鉤介幼蟲的過程，並拍照加以紀錄。

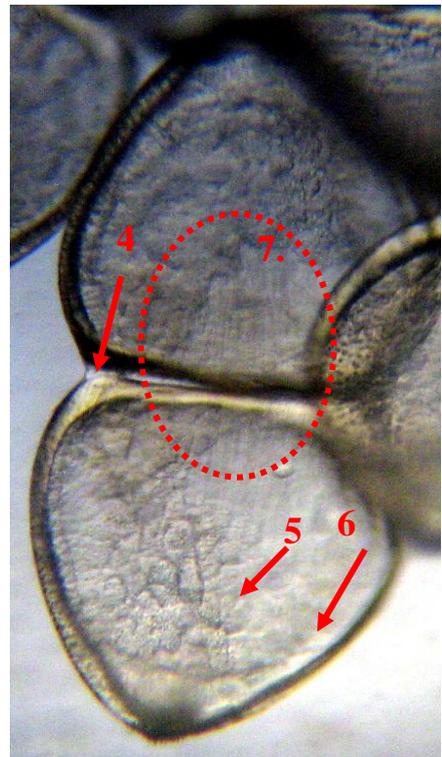
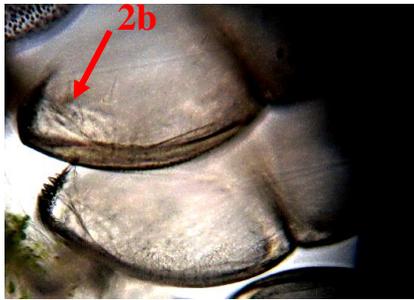
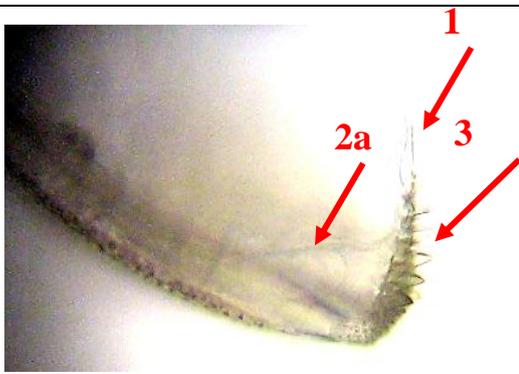
(二) 結果：1. 排放鉤介幼蟲

		
<p>發育完成的鉤介幼蟲從鰓水管的育兒囊經鰓上腔流向出水孔的水流排出</p>	<p>藉由出水孔的水流排放出時可以看見蚌用力擠壓【影片】</p>	<p>箭頭上：排放鉤介幼蟲 下：出水孔</p>
		
<p>分泌黏液絲【影片】</p>	<p>液絲粘黏在水草上如同蜘蛛網一樣</p>	<p>鉤介幼蟲附著在密密麻麻的黏液絲上</p>

2. 鉤介幼蟲的構造

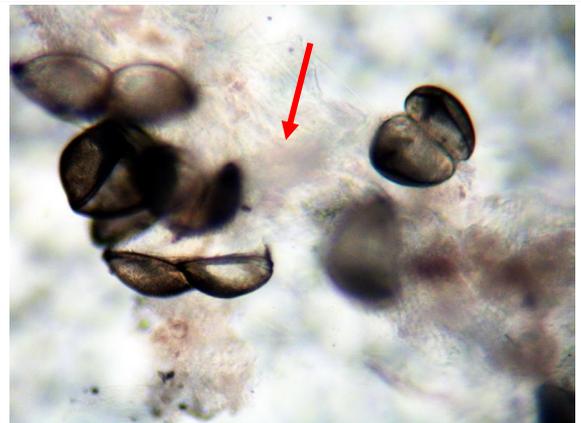
		
---	--	---

由外觀發現鉤介幼蟲主要由 2 片介殼構成，中間有鉸合韌帶連接，殼表面則有許多小凹痕。



1. 「殼鉤」。2a. 2b. 殼鉤兩側的「翼」可以增加殼鉤的強度。3. 殼鉤上的「棘刺」彷彿魚鉤上的倒鉤。

4. 鉸合韌帶。 5. 感覺毛。 6. 外套膜組織較薄。 7. 閉殼肌。



膠質的黏液絲上面粘黏許多鉤介幼蟲，黏液絲隨水流漂動粘黏，會形成像蜘蛛網般的構造。

### (三) 討論：

1. 蚌的繁殖方式除了直接排放鉤介幼蟲外，為什麼會分泌黏液絲？

我們把這種現象稱為天女散花型繁殖及天羅地網型繁殖。

天女散花	直接排放數量龐大鉤介幼蟲在水中漂浮，當碰到魚隻時就附著在上面。
天羅地網	分泌黏液絲讓幼蟲附著在上面像蜘蛛網一樣粘附在水草岩縫間，則是有誘捕的效果。因許多魚喜歡藏匿水草岩縫間，當碰觸黏液絲網時就被附著上去。
這樣的好處是萬一直接產出的幼蟲隨水漂流時，還有一部分能利用黏液絲這種方式增加寄生成功的機會。	

2. 疑問：(1) 鉤介幼蟲如何活動並附著在魚身上？

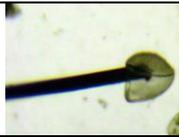
(2) 黏液絲的性質為何？

(3) 若沒有寄生在魚身上，鉤介幼蟲能否依靠黏液絲存活下來？

(4) 環境因素是否會影響鉤介幼蟲存活時間？

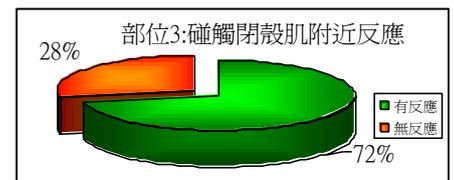
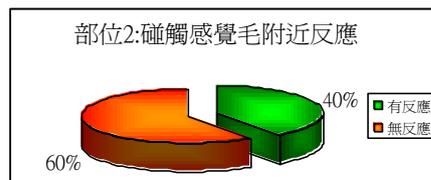
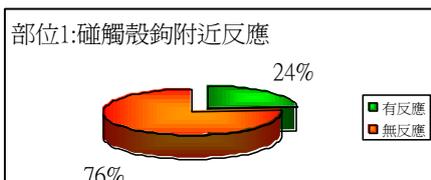
### 三、鉤介幼蟲夾合運動的觀察：

#### (一) 方法：

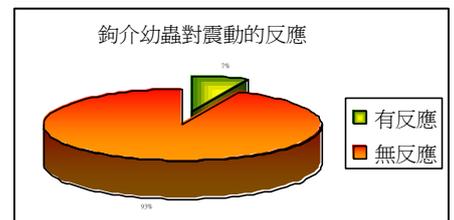
觸覺	在解剖顯微鏡下自製頭髮探針碰觸幼蟲不同部位，觀察何者導致夾合。	
震動	計時鈴黏上塑膠長條，使塑膠片在裝有幼蟲培養皿的水中震動，並利用解剖顯微鏡觀察是否有反應。	
光線	以簡報筆照射鉤介幼蟲，並利用解剖顯微鏡觀察是否有反應。	

#### (二) 結果：

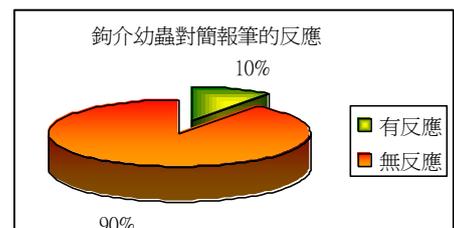
- 觸覺：以自製頭髮探針分別碰觸殼鉤附近（部位 1）、感覺毛附近（部位 2）及閉殼肌（部位 3）附近，結果發現碰觸閉殼肌附近有夾合反應比率達 73%，明顯較其他部位高。



- 震動：測驗結果平均 30 隻只有 2 隻有反應，其他皆無反應，顯示震動對夾合影響不大。



- 光線：以簡報雷射筆照射鉤介幼蟲，平均 30 隻中只有 3 隻有反應，光線刺激對夾合影響不大。



#### (三) 討論

- 鉤介幼蟲對哪一種外界刺激會有反應？

鉤介幼蟲對直接碰觸會有反應，原以為碰觸感覺毛會反應最明顯，但根據實驗結果發現，碰觸閉殼肌反應比率最高，感覺毛其次。我們推測閉殼肌上應該也有感覺細胞，而且因為位在兩殼最中間部分，因此一旦觸動引發反應能將碰觸物夾得最深，不易脫落。這似乎與捕獸夾的原理相仿。

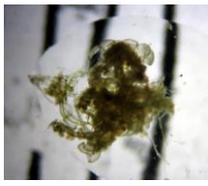
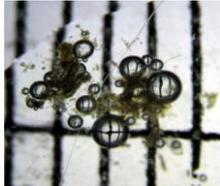
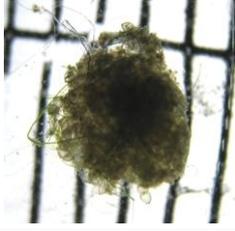
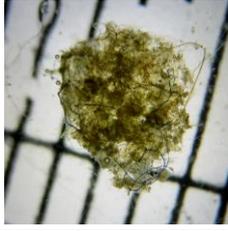
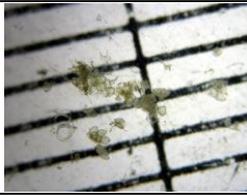


捕獸夾：中間圓踏板為機關

### 四、黏液絲性質的觀察：

(一) 方法：分別以酒精、雙氧水、冰醋酸、氫氧化鈉浸泡黏液絲並觀察其變化。

(二) 結果：

項目	反應			說明
酒精	除顏色變淡外，餘無明顯變化。			
雙氧水				加入雙氧水後立即出現氣泡，且黏液絲逐漸消失。
	浸泡雙氧水前	浸泡 15 分鐘	浸泡 40 分鐘	
冰醋酸				黏液絲失去彈性且直接塌陷下來，有些殘留的鈎介死殼則被溶解，顏色只稍微變淡。
	浸泡冰醋酸前	浸泡冰醋酸 40 分鐘後		
鹽酸	黏液絲變輕，漂浮，一天後被溶解。			
氫氧化鈉				黏液絲變透明，一天後被溶解。
	浸泡氫氧化鈉前	浸氫氧化鈉 1 天		

(三) 討論：黏液絲在醋酸中變質、可溶解於鹽酸及氫氧化鈉中，且在雙氧水中會產生氣泡並逐漸變小，推測應該含有蛋白質及酵素，因此能催化雙氧水反應。(六上燃燒和生鏽)

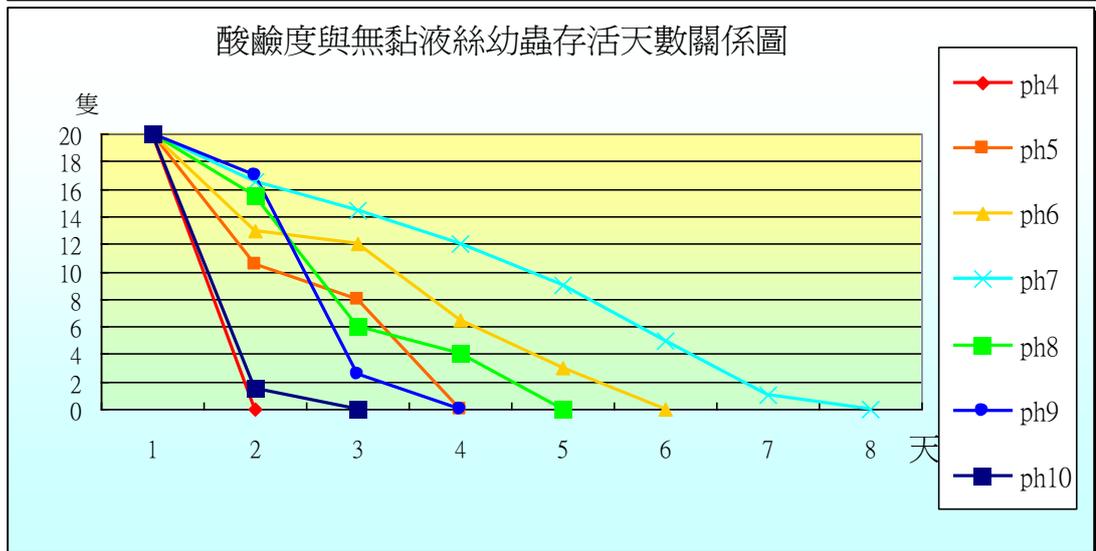
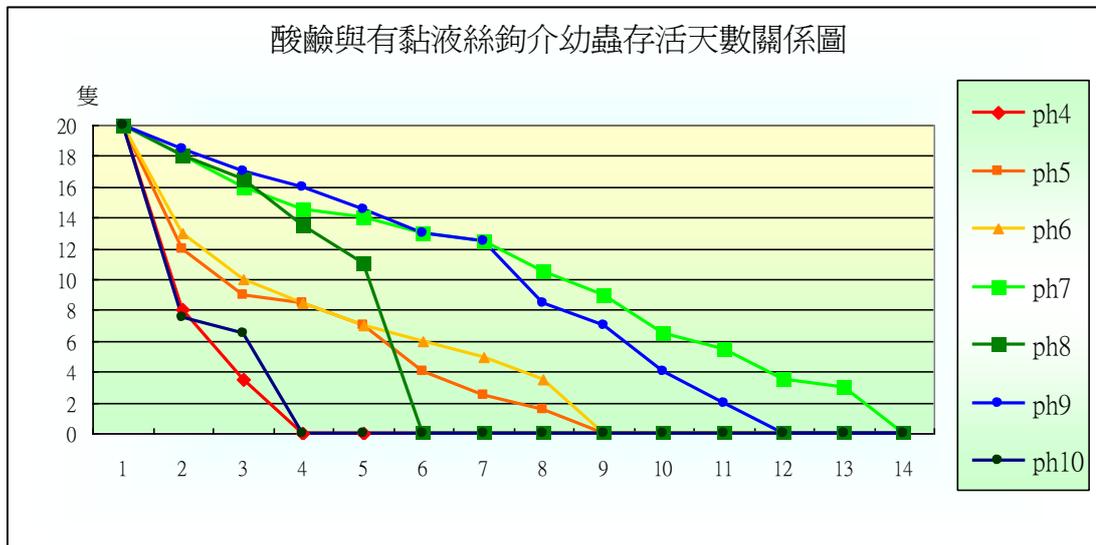
## 五、環境與鈎介幼蟲存活率的關係

### (一) 方法

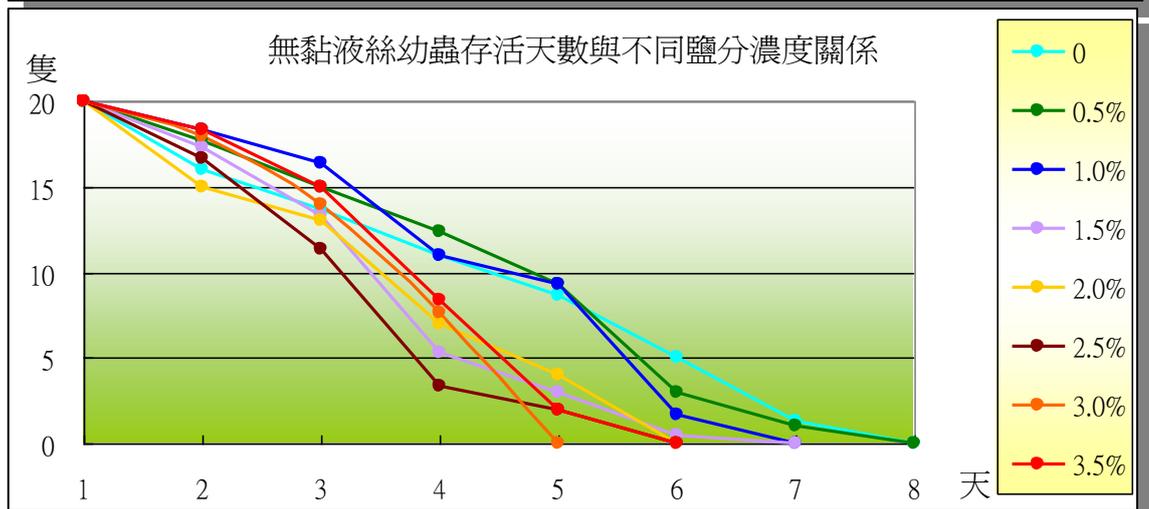
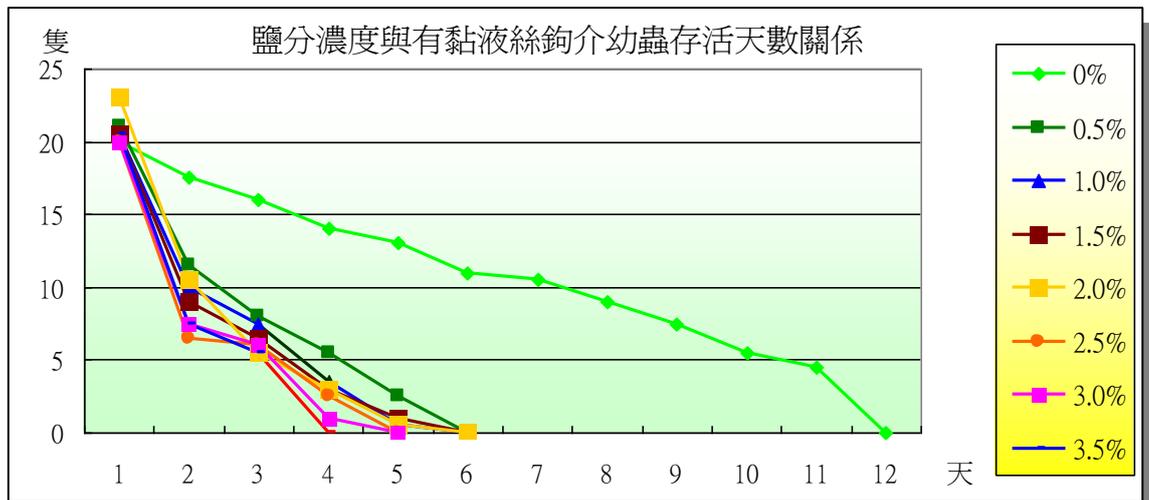
<b>酸鹼</b>	<p>不同酸鹼值與鈎介幼蟲存活天數的關係：</p> <p>先將 RO 水調好不同酸鹼值 (pH4、pH 5、pH 6、pH 7、pH 8、pH 9、pH 10) 並量取 50 cc 於培養皿中。將 20 隻有黏液絲的鈎介幼蟲放入其中，置於攝氏 25°C 水槽隔水保溫，定時觀察紀錄存活隻數並重覆三次。我們也利用相同的方法來進行不同酸鹼值與無黏液絲鈎介幼蟲存活的研究。</p>
<b>鹽分</b>	<p>不同鹽分濃度與鈎介幼蟲存活天數的關係：</p> <p>先將 RO 水調好不同鹽分濃度 (0%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%) 並量取 50 cc 於培養皿中。將 20 隻有黏液絲的鈎介幼蟲放入其中，置於 25°C 水槽隔水保溫，定時觀察紀錄存活隻數並重覆三次。我們也利用相同的方法來進行不同鹽分濃度對無黏液絲鈎介幼蟲存活影響的研究。</p>
<b>溫度</b>	<p>不同水溫與鈎介幼蟲存活天數的關係：</p> <p>深培養皿裝水放入水族箱隔水調溫 (20°C、25°C、30°C、35°C)、調校杯內水溫後分別置入 10 隻鈎介幼蟲 (分有、無黏液絲) 開始觀察，重複實驗 3 次。</p>

(二) 結果：

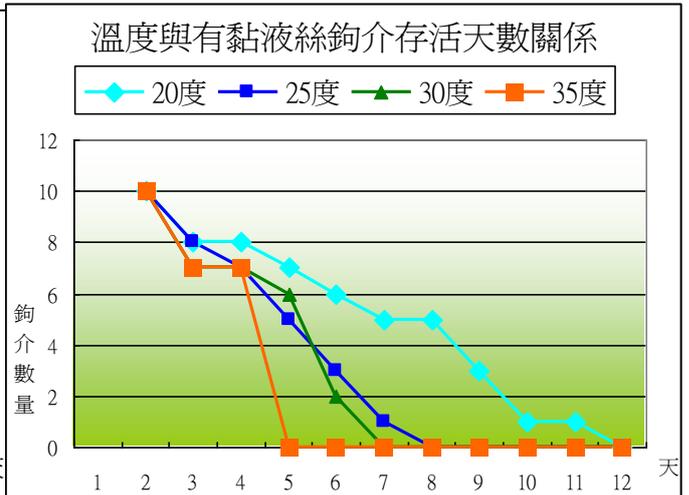
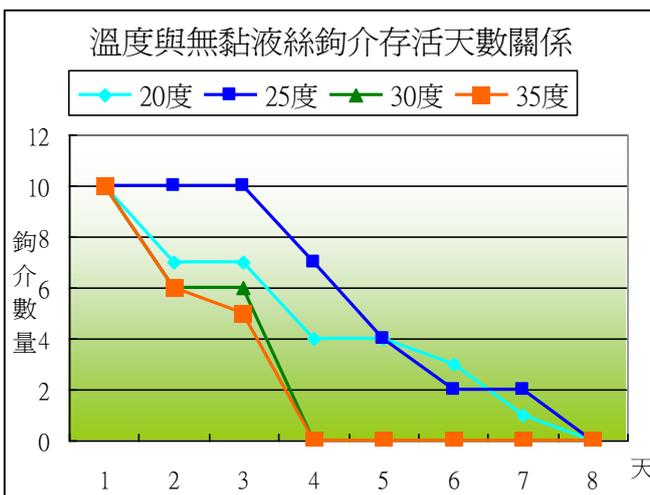
<b>酸鹼</b>	1. 不同酸鹼值與鉤介幼蟲存活天數的關係：
	(1) 25°C 條件下有黏液絲鉤介幼蟲平均在 pH7 的環境下存活天數最長，可達 14 天，pH4 與 pH10 最短，均在第 4 天全部死亡。
	(2) 25°C 條件下無黏液絲鉤介幼蟲平均在 pH7 的環境下存活天數最長，可達 8 天，pH4 與 pH10 最短，分別在第 2 天及第 3 天全部死亡。
	(3) 有黏液絲鉤介幼蟲存活天數普遍比無黏液絲鉤介幼蟲長。



<b>鹽分</b>	2. 不同鹽分濃度與鉤介幼蟲存活天數的關係：
	(1) 25°C 條件下，有黏液絲鉤介幼蟲平均在鹽分濃度 0% 時存活時間最長，可達 12 天，其他鹽分濃度約在第 6 天全數死亡。
	(2) 25°C 條件下，無黏液絲鉤介幼蟲平均在鹽分濃度 0% 及 0.5% 時存活時間最長，最長可達 8 天，其他鹽分濃度在第 5-7 天全數死亡。
	(3) 0% 濃度的狀況下有黏液絲的鉤介幼蟲存活天數明顯較無黏液絲幼蟲長，其他鹽分濃度則多在 5-7 天之間全數死亡。



溫度	3. 溫度實驗：在相同水質水量情況下，不同溫度環境與鉤介幼蟲存活天數的關係
	(1) 無黏液絲鉤介幼蟲在 20 與 25 度環境下存活天數較多，最多可達 8 天，35 度與 30 度最少在第 4 天就全部死亡。
	(2) 有黏液絲鉤介幼蟲在 20 度環境下存活天數最多可達 12 天，35 度最少，第 5 天即全部死亡。
	(3) 有黏液絲鉤介幼蟲除 25 度存活天數相等於無黏液絲外，其餘存活天數均多於無黏液絲鉤介幼蟲。



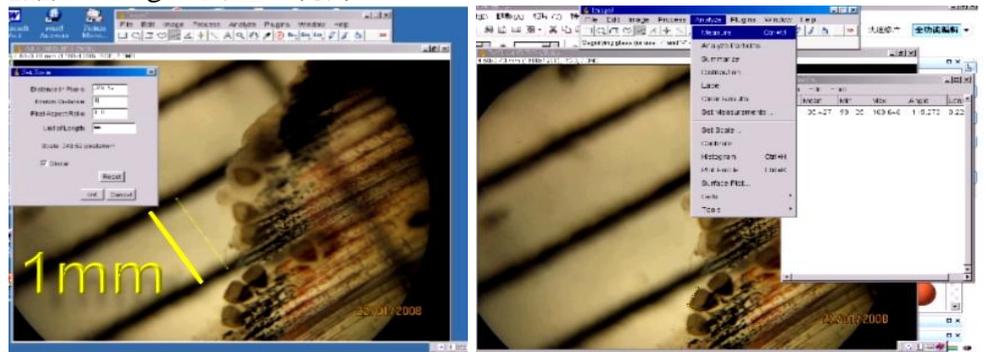
### (三) 發現與討論：

鉤介幼蟲適合生存的環境	
酸鹼值	鄧道貴等(2006)以舟形無齒蚌實驗發現在 pH7 的環境下鉤介幼蟲存活最久，pH 愈高或愈低都會使存活率降低。我們以圓蚌(背角無齒蚌)幼蟲做出來結果也相同，但另外發現粘附黏液絲的鉤介幼蟲存活天數更久，甚至可多達 6 天。 以目前河川、湖污染酸化的結果，有可能影響到蚌類幼蟲寄生前的存活率以致影響繁殖數量，難怪嘉義附近我們只在水庫還找的到。
鹽分	鉤介幼蟲在鹽分濃度在 0% 時存活日數最久，鹽分濃度增加會使存活率降低，值得注意的是：有黏液絲幼蟲除鹽分 0% 外，其餘存活天數並沒有比無黏液絲幼蟲久，我們認為鹽分應該能滲透過黏液絲因而影響到幼蟲存活。
溫度	我們發現 20-25°C 存活最久，35°C 存活率明顯降低，且有黏液絲幼蟲在 20°C 時存活天數也相對延長，溫度升高則存活天數降低，若全球暖化水溫升高，恐怕也會影響到鉤介幼蟲寄生前的存活率。
鉤介幼蟲有黏液絲時能發揮一些保護作用延長存活天數，但在鹽分增加及溫度升高的狀況下則失去保護功能。	

## 六、鉤介幼蟲寄生的觀察：

### (一) 方法：

1. 觀察鉤介幼蟲的變態過程：觀察飼養宿主魚，紀錄鉤介變態脫落時間、以滴管吸取脫落的稚蚌以顯微鏡觀察。
2. 觀察鉤介幼蟲寄生在魚身上的情形：查閱文獻、以印有 1 mm 方格的透明片置於載玻片拍照、輸入電腦以 ImageJ 測量、紀錄。

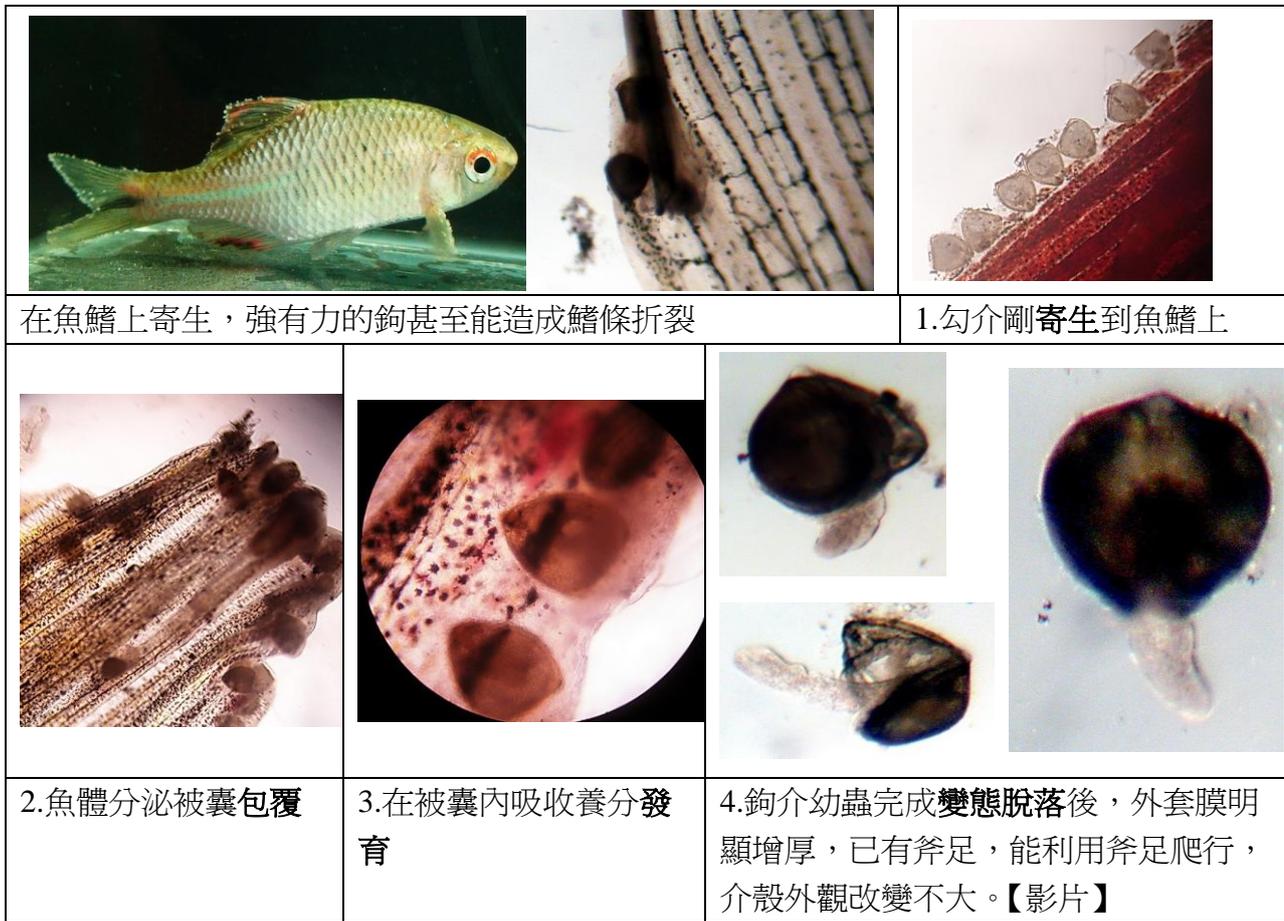


### (二) 結果：

#### 1. 鉤介幼蟲寄生過程：

- (1) 寄生在魚的鰓或鰭上，經變態後脫離寄主成為幼蚌，開始營獨立生活(吳小平等，1999)。
- (2) 鉤介幼蟲剛寄生在魚身上時，會因魚體摩擦、甩動而脫落；等魚體受刺激分泌黏膜包覆成被囊後才不易脫落，並在其中完成變態。
- (3) 暑假時紀錄到鉤介幼蟲從 7/3 寄生到 7/12 脫落共花費 12 天(平均室溫約 29°C)，寒假控溫 25°C 時約 13 天。

#### 2. 鉤介幼蟲的變態過程：



3. 勾介幼蟲測量平均值：

(單位：mm)	殼長	殼寬	被囊直徑
Mean	0.24	0.264	0.516
SD	0.021	0.019	0.085
Min	0.191	0.222	0.375
Max	0.289	0.307	0.781

※殼長平均約 0.24mm，殼寬約 0.26 mm，被囊直徑則約 0.51mm。

(三) 討論：

1. 勾介幼蟲的變態過程是屬於哪一種變態？

觀察到的變化	項目	有無改變
	(1) 介殼外觀不變。	不變
	(2) 外套膜組織增厚明顯，鰓則尚未明顯長出。	變
	(3) 已經長出斧足，能夠翻身爬行移動。	變
	(4) 雖有被囊包覆但未經過化蛹過程。	不變

※整個過程未經過化蛹歷程，因此與蛙類似，是屬於**不完全變態**。

2. 以圓蚌而言，鉤介幼蟲變態期程約 1-2 週，與資料上的「蚌」1-3 週大致相符。

### 【研究三】研究鯉鰱亞科魚的生殖方式

#### 一、高體鯉鰱的繁殖行為

(一) 方法：觀察高體鯉鰱產卵過程，並攝影記錄。

(二) 觀察結果：

1. **雄魚的領域行為**：高體鯉鰱的繁殖需要蚌科淡水雙殼貝才能完成，故當雄魚發現可能是蚌的物體時，出現領域行為。

雄魚的領域行為		
<b>探查：</b>	對於外型似蚌者，雄魚會最先趨前探視出入水孔。	
<b>建立領域</b>	若有其他魚接近，最強勢的雄魚就會出現領域行為，佔據河蚌，驅趕其他魚隻。	
<b>爭鬥行為</b>	若有其他強勢雄魚則會出現： 1. <b>張鰭威嚇</b> ：背鰭、臀鰭用力撐開威嚇對方。 2. <b>推擠</b> ：搖擺身體與對方推擠並互相繞圈。 3. <b>壓制</b> ：繞圈時並傾斜身體從上往下壓制對方。 4. <b>追逐</b> ：佔優勢雄魚追逐驅趕弱勢雄魚，直到離開領域為止。	
		
雄魚探查圓蚌	建立領域（盤據、爭鬥、驅離、追逐）。箭頭處為蚌。	爭鬥（威嚇）：背鰭、臀鰭用力撐開並搖擺身體
		
爭鬥（推擠）：搖動身體互相繞圈推擠	爭鬥（壓制）：以身體壓制對方	邀請雌魚準備進行繁殖行為

2. 特殊的**追逐求偶**方式：除追逐驅離其他雄魚外，主雄魚也會追逐雌魚。但卻是以轉身繞回方式邀請雌魚，並有**抖動背鰭、臀鰭**的行為。

			
將衛星公魚驅離後，雄魚轉而追逐雌魚，在碰到前迅速轉身			

			
回到蚌上方後再度轉身，等待雌魚的產卵	倒立的預備產卵動作	瞬間將產卵管往前送	
			
雄魚在旁守護	抽離產卵管	雄魚趨前授精	離開
註：我們後來發現這次的產卵位置並非蚌的出水孔或入水孔，是在背角上的縫隙而且失敗率偏高			

### 3. 雌魚特殊的產卵行爲：

倒立預備產卵	雌魚隨雄魚到蚌上方並探查出水孔後，會以 <b>特殊的倒立方式</b> 準備產卵。
產卵入蚌	倒立似乎是在確認蚌的出入水孔，確認之後瞬間將產卵管往前推送擠入蚌中再慢慢抽離，雄魚則趨前排精在蚌入水孔附近。

4. **雄魚的看守行爲**：在繁殖過程結束後，雄魚仍會守在蚌附近，驅趕其他接近的雄雌魚。過程中若有被蚌吐出的受精卵，也會馬上吞食。

5. **衛星公魚伺機授精行爲**：除了強勢雄魚外，其他雄魚會在一發現蚌時就往蚌入水孔排精以爭取授精機會，與主雄魚體型仿者甚至會在產卵過程中伺機授精。

			
			
			
9.主雄魚趨前	10 主雄魚授精完畢	11.12.衛星雄魚一擁而上爭取授精機會	

6. 產卵失敗：偶爾也會發現產卵失敗，其一是無法順利將產卵管伸入蚌中，另外則是卵逸出的問題。

產卵失敗

			
母魚產卵	母魚產卵被蚌排出	共三顆卵逸出	母魚吞掉其中一顆
			
雄魚也衝過來搶食	吞掉其中 2 顆	其他被蚌噴出例子	

(三) 發現與討論：

1. 高體鯉鰻繁殖時有哪些行為？

吳華蓉等（2000）將高體鯉鰻生殖行為區分為驅離、追逐、準備產卵、產卵、排精等五個行為模式。而據我們的觀察，則分為預備階段、產卵階段及完成階段三部分。

階段	雄魚	雌魚
預備階段	1. 探查、2. 建立領域、3. 爭鬥（張鰭威嚇、推擠、壓制、追逐）及 4. 追逐邀請母魚。	靠近目標蚌附近藏匿。
產卵階段	1. 守護雌魚與蚌。 2. 授精與驅趕其他魚。	1. 垂直準備產卵、2. 俯衝產卵、3. 離開。
完成階段	1. 驅離所有魚（含母魚）。 2. 看守蚌。	離開（若產卵活動未全部完成則躲在附近等候雄魚再次邀請）。

註：1. 主要是雄魚主導，雌魚產卵完後也會馬上被驅離；產卵動作常會重複幾個循環，全部完成後雄魚仍會繼續看守蚌。  
2. 產在圓蚌的重複次數比產在石蚌多。

2. 高體鯉鰻產卵位置討論：

(1) 相關資料：

位置	資料來源
河蚌的出水管(孔)	國立海洋生物博物館、吳華蓉等（2000）。
蚌的入水管(孔)	蔡英亞等（1997）、陳義雄等（2005）。
鰓瓣	陳冠如等（2006）、林春吉（2007）、張明惠等（2007）、鄭智仁（2008）

(2)我們的觀察：若只以產卵管伸入位置來討論，雌魚完全沒有由入水孔產卵的紀錄，此與蔡英亞等、陳義雄等所提論點不同。另外文獻中從未提到圓蚌能利用改變出水位置及關閉出水孔混淆雌魚產卵的紀錄。我們發現在圓蚌產卵的雌魚被誤導在背角縫隙產卵，致使產卵失敗。

位置	我們觀察到的產卵位置		
出水孔			
背角縫隙			
入水孔	無	無	無
其他	無	無	無
<p>發現：1. 在石蚌產卵時，雌魚均產在出水孔。            2. 在圓蚌直立時且從雌魚出水孔產卵時則幾乎每次都成功，沒有卵逸出的現象發生，所以<b>出水孔應為正確產卵位置</b>。            3. <b>圓蚌受刺激時會關閉或改變出水孔方向，改由背角上的縫隙導出水流，雌魚常因此產錯位置，導致魚卵被蚌由出水孔排出。</b>            4. 雌魚產卵時蚌會往下遁逃，並關閉出水孔。            5. 以熱融膠仿製產卵管，分別伸入蚌的出入水孔，結果發現入水孔較容易伸入，平均可達 5.65 cm，出水孔僅 2.68 cm。既然如此雌魚產卵卻還選擇由出水孔伸入，可見<b>出水孔是雌魚辨認位置的重要依據</b>，而蚌也藉由改變出水孔方式設法逃避被產卵。</p>			

### 3.高體鯉鰻產卵失敗的原因有哪些？

<b>新手雌魚產卵管控制不良</b>	新手魚常發生產卵管無法順利伸入的情形，此外，蚌似乎也會迅速關閉出水孔避免被魚產卵。
<b>蚌非直立而是側躺</b>	當蚌側躺時，雌魚常產卵失敗或位置錯誤被噴出，因此復育 鰻時應將蚌直立。
<b>產卵位置錯誤</b>	我們重複觀察後才發現，當鯉鰻產卵時，圓蚌竟會關閉或改變出水孔方向，改利用背角上的縫隙導出水流引誘雌魚於此產卵，再利用出水孔將魚卵噴出，且會向下遁逃，盡量避免被產卵。
<b>群聚產卵造成干擾</b>	當沒有特別強勢的公魚建立領域而群聚產卵時，雌魚容易因其他魚的推擠干擾導致產卵孔無法順利伸入，這在高體 鰻中偶爾見到，在剽悍的台灣石鰻中則又更常發生。

4.有衛星雄魚，那有沒有衛星雌魚？

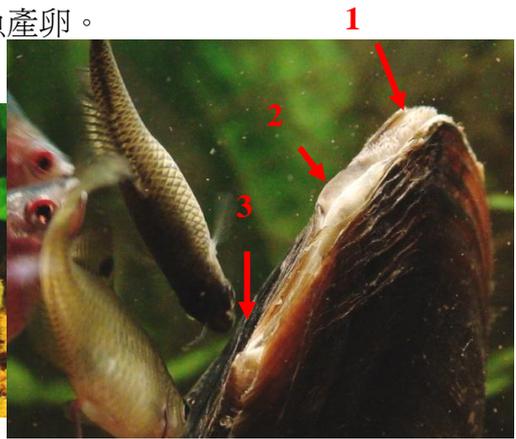
文獻中雖然沒有衛星雌魚的紀錄，我們卻發現有時會有衛星雌魚出現，而且雄魚不一定每次都驅離，有時還會輪流邀請不同雌魚產卵。



衛星雌魚



蚌側躺雌魚無法俯衝產卵

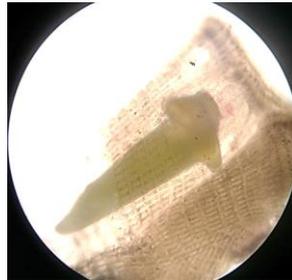


1.入水孔 2.出水孔 3.背角縫隙。圓蚌關閉出水孔，雌魚被背角縫隙的水流誤導

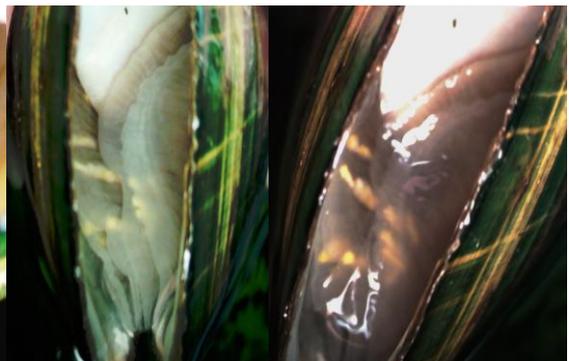
5.高體鯉魚卵著生位置在蚌的那個部位呢？

根據前面討論，魚卵的著生位置是在蚌的鰓瓣上。而在我們觀察過程中發現內鰓瓣與外鰓瓣均有魚卵；再由出水管往內看，推測母魚產卵管應是由出水孔通過鰓上腔，再藉由俯衝擠壓及蚌受驚嚇而緊閉的水壓變化，將卵推送到鰓葉腔中，因此鰓葉腔中有數量不等的魚卵分佈。

剛產出的卵為紡錘形有利於母魚藉由產卵管擠壓產出，而著生後迅速長出翼成爲錨形，以此形狀錨定在鰓葉腔中較不易被排出。



出水孔→鰓上腔→鰓葉腔 高體鯉紡錘形的卵會發育成錨形



內鰓瓣與外鰓瓣的鰓葉腔均有產卵（已發育成錨形仔魚）

## 二、觀察高體鰱魚卵發育過程並拍照紀錄

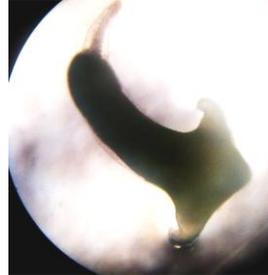
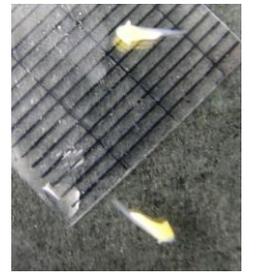
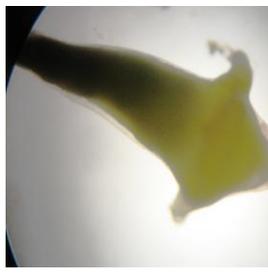
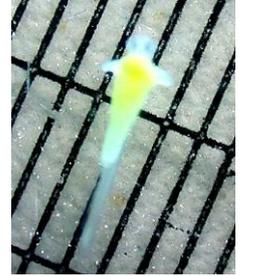
(一) 方法：收集被蚌排出的受精魚卵放置燒杯中，隔水保溫 25°C 培養，於解剖顯微鏡下觀察（1 組調 0.5% 食鹽水並加稀釋甲基藍液，1 組以原缸水不加任何東西，原缸水組在第 3 日就膨脹夭折發霉。）。

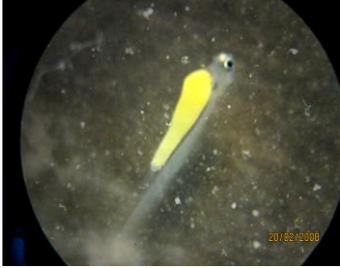
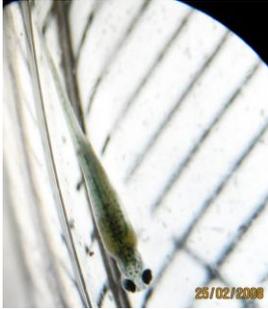
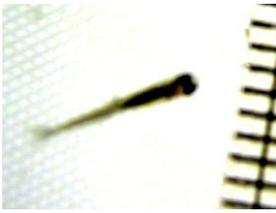


(二) 結果：(0.5% 食鹽水組)

1. 初生卵卵黃為尖橢圓形，像雞蛋，尾端有果凍狀膠質構造。
2. 第 3 天左右卵黃擴大延伸。
3. 約 1 週後長出錨狀倒鉤的翼，脊椎與尾端開始發育。
4. 約 2 週發展頭部組織，眼亦開始發育但尚不明顯。
5. 17 日後眼睛黑色素細胞明顯，但未完全發育。
6. 約 3 週後除胸鰭及卵黃外，其他構造大致完成。
7. 第 4 週後胸鰭也發育，剩少許卵黃。
8. 第 34 日，8 顆卵中僅孵出 1 隻平游，其他 7 隻卻突然夭折。

### 9. 魚卵發育過程

			
1/28 生，長 2.82 mm，卵黃明顯，末端果凍狀膠質	1/30 卵黃擴大延伸至原本膠質部分	2/5 長出錨狀倒鉤形的翼，有尾	2/5 測量體長約 5.23 mm
			
2/10，約 6.49 mm，卵黃前端頭部開始發育	2/10 頭.眼.脊椎.尾已可辨識	2/12 已可觀察到心跳	2/13 眼部黑色細胞明顯
			
2/14	2/15 眼睛、頭形發育明顯，翼漸縮小		2/16 血管明顯

			
2/18 眼睛發育完成	2/18 眼睛尾巴完成	2/20 構造大致完成，卵黃未完全吸收	
			
2/21 略可見胸鰭	2/25 胸鰭發育完成	2/26 只剩一些卵黃	2/29 平游 7.88 mm

### (三) 發現與討論

#### 1. 高體鯉魚卵與一般魚卵有哪些不同？

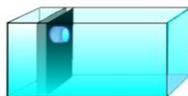
<b>數量不同</b>	有別於其他鯉科魚每次產卵動輒上百上千的卵量，我們觀察到即使產卵在大蚌中，高體鯉每次產卵最多不超過 50 顆，是 <b>以質取勝</b> 的繁殖策略。
<b>形狀不同</b> 	高體鯉魚卵是 <b>紡錘型</b> ，但在發育過程中迅速發育成 <b>錨形且有 3 個勾</b> ，可以確保固著在蚌的鰓葉腔上不被排出，發育將完成時錨形倒勾構造消失則可順利脫身，與一般圓形魚卵明顯不同。
<b>孵化時間不同</b>	因有蚌保護，因此卵從授精到孵化要 27 天至 1 個多月，與一般鯉科魚一週內孵化狀況不同，此結果與有澤重雄（2001）所提鯉鯽亞科魚孵化時間需 3-6 週相符。
<b>卵膜卵殼不明顯</b>	卵直接由果凍狀膠質包覆，且直接發育改變形狀，與一般魚類孵化後由卵膜或卵殼脫離不同。

此外，我們推測孵化的最後階段稚魚從蚌鰓內掙脫有助於完整發育，如同人類自然生產時擠壓過程會幫助胎兒呼吸原理類似，以人工孵育的方式夭折率高於其他鯉科魚，此外蚌分泌的黏液有可能對細菌有抑制作用，因此魚卵不會發霉。

### 三、探討高體鯉如何發現蚌的存在：

(一) 方法：設計實驗測試高體鯉如何覺知蚌的存在，並重複操作 3 次。

<b>視覺 (一)</b>	利用廢磁片盒，一個貼黑色膠帶，另一個不貼，分別放入 1 顆圓蚌後放入高體鯉缸中觀察魚群反應。	
---------------	--	---

視覺（二）	以石膏翻製假蚌，上色後放入高體鯉鯽缸中觀察魚群反應。	
視覺+水流	將空蚌殼挖洞接塑膠風管、連接針筒後放入高體鯉鯽缸中，並抽壓針筒產生水流觀察魚群反應。	
水流	將可彎吸管接上塑膠風管、連接針筒後放入高體鯉鯽缸中以吸盤固定，並抽壓針筒產生水流觀察魚群反應。	
嗅覺：	水族箱內裝上塑膠瓦楞板，周圍以熱融膠密封隔離成有通道的連通缸，一側放入河蚌，另一側放入魚，觀察魚群是否由通道找到蚌。	

（二）結果：

1. 視覺：【磁片盒密閉的情況下】

- （1）放圓蚌的透明盒能聚集魚群。
- （2）放圓蚌的黑盒無法聚集魚群。



只放透明盒：魚群探視



只放黑盒：無



同時放：透明盒聚集魚群，黑盒則無



【磁片盒打開縫隙的情況下】

- （1）黑盒、透明盒均能誘集魚群。
- （2）黑盒、透明盒組別中雄魚均開始建立領域行爲。
- （3）討論設計下一實驗：黑盒組能誘魚是蚌的氣味或是出水孔水流呢？



均有探視行爲，且雄魚開始建立領域行爲-爭鬥推擠

2. 視覺：【石膏假蚌測試】石膏假蚌能聚集魚群，且母魚有垂直準備產卵行爲。



一開始能吸引魚隻靠近，且雄魚有盤據及邀請雌魚現象出現。



雌魚有垂直預備動作，但最後都放棄，數次之後離開。

**3 水流：【可彎吸管製造出水流實驗】：**一開始並未聚集，平均約 40 多分鐘魚隻發覺水流後才開始聚集，拉針筒吸水時魚在附近擺動身體，壓針筒出水時雄魚、雌魚均有將吻端湊近甚至碰觸到吸管的行為出現。



**4.嗅覺：【連通缸實驗】**從設置完成後持續觀察一周，魚群並未由連通管游到另一側有蚌的缸進行繁殖行為。

**5. 視覺+水流：【空蚌殼製造出水流實驗】**

- (1) 繁殖行為全部出現。
- (2) 壓針筒出水時，雌魚俯衝產卵，但因蚌殼沒立即夾合，因此並未擠出魚卵。
- (3) 雌魚產卵行為後不管製造吸水、出水，雄魚、衛星雄魚均趨前爭奪排精。



雌魚產卵行為



雄魚授精行為

(三) 發現與討論：

1. 高體鯉如何覺知蚌的存在？

張明惠等（2007）研究發現視覺對高體鯉繁殖行為有影響，但卻又提出他們以假蚌並無法吸引魚隻。而我們設計的實驗則發現了：

- (1) 視覺：由透明及全黑磁片盒、石膏假蚌實驗中，發現視覺對高體鯉繁殖行為有影響，但繁殖的程序則分別只進行到雄魚領域行為及雌魚垂直準備產卵的程度。
- (2) 水流：僅製造水流能引起魚隻聚集探查，但未建立領域行為，我們推測一般蚌潛砂時，魚隻應該就是藉由水流發現蚌，進而探視確認真偽。
- (3) 嗅覺：沒有明顯影響
- (4) 視覺+水流：出現完整產卵與授精行為。

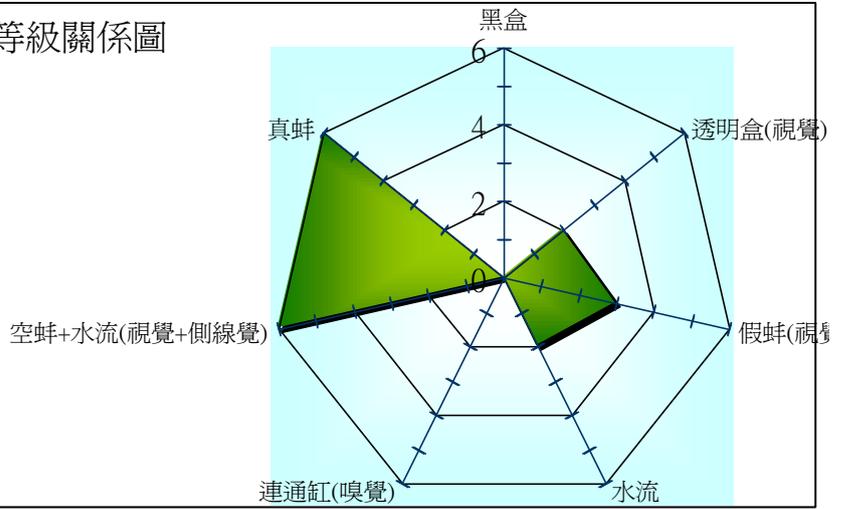
我們將繁殖行為分為 6 個得分等級，將上列實驗依照出現行為決定得分：

接近	探視	盤據或驅離	雌魚垂直預備	雌魚產卵	雄魚授精
1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	6 分

	黑盒	透明盒 (視覺)	假蚌 (視覺)	水流	連通缸 (嗅覺)	空蚌+水流 (視覺+側線覺)	真蚌
行為 等級	0 分	2 分	3 分	2 分	0 分	6 分	6 分

高體鯉鯪感覺系統與繁殖行為等級關係圖

■ 行為等級



因此，我們認為**蚌的形狀與水流**是鯉鯪產卵的重要條件，尤其**必須要有水流才能使魚有產卵行為**，雄魚則只要雌魚有產卵動作就會趨前授精。

### 【研究四】蚌與鯉鯪的關係

#### 一、設計實驗觀察鯉鯪之外鉤介幼蟲會不會寄生在其他魚或生物身上。

(一) 方法：將學校水生池現有魚種各 10 隻放入有鉤介幼蟲的缸中，隔日後觀察其身上是否被鉤介寄生。

(二) 結果：

1.除鯉鯪之外，其他魚種也會被寄生。各部位被寄生數量平均之後如下表。

魚種/位置	背鰭	胸鰭	腹鰭	臀鰭	尾寄生數	口	體表	尾鰭骨徑 (mm)
孔雀	7 隻	29 隻	5 隻	4 隻	28 隻	4 隻	1 隻	0.039
紅球	11 隻	41 隻	14 隻	8 隻	34 隻	9 隻	5 隻	0.041
黑球	11 隻	57 隻	15 隻	12 隻	35 隻	18 隻	21 隻	0.044
九間波羅	64 隻	99 隻	25 隻	31 隻	53 隻	13 隻	23 隻	0.067
小斑馬	44 隻	83 隻	22 隻	24 隻	46 隻	16 隻	24 隻	0.036
台灣石鮒	12 隻	21 隻	0 隻	4 隻	33 隻	0 隻	1 隻	0.042
高體鯉鯪	8 隻	18 隻	1 隻	4 隻	37 隻	0 隻	1 隻	0.059
金魚	9 隻	20 隻	7 隻	5 隻	21 隻	1 隻	13 隻	0.058

2.蘋果螺、錐實螺、黑殼蝦於第 2 日均將鉤介幼蟲及黏液絲清理吞食完畢。

(三) 發現與討論：

1. 鯉鯪亞科魚寄生數量是否比其他魚多？哪種魚最多，為什麼？

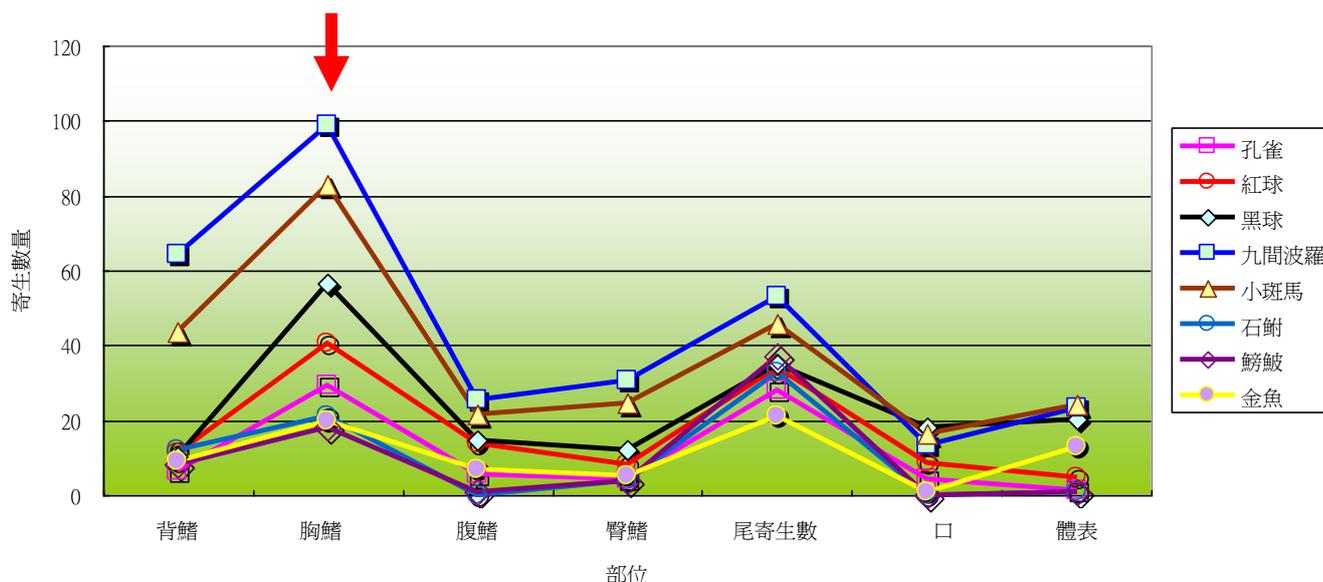
(1) 不同魚種	若同時將魚放入正在產鉤介幼蟲的蚌缸中，鯉鯪亞科魚的寄生數量並沒有比其他魚種多。反而慈鯛科的九間波羅最多，鯉科的小斑馬次之。九間波羅體型最大，小斑馬體型最小，因此體型大小是可能影響的因素之外，小斑馬活潑喜歡四處游動的習性或是鰭條較細也是可能原因。
(2) 水生池及平時飼養觀察	高體鯉鯪因繁殖習性，在產完卵後雄魚仍會看守在蚌旁，因此接觸機會遠遠高於其他魚種，我們發現蚌產鉤介幼蟲時往往鯉鯪雄魚最早被寄生，其他魚隻則較不易發現。
(3) 鉤介幼蟲與鯉鯪幼魚	有些文獻中提到高體鯉鯪幼魚孵出時會順便將蚌幼蟲帶出，我們的觀察中則無此現象。

2.哪一個部位寄生數量最多？

文獻資料裡提到鉤介幼蟲寄生在鰓與鰭上，但我們觀察的結果並未發現鰓上面有寄生，也許與蚌的種類有關。大多數是寄生在鰭上，尤其**胸鰭最多**，尾鰭次之，由之前

鈎介幼蟲夾合作用的實驗結果，我們認為胸鰭與尾鰭在魚的運動過程中是最常擺動的，因此容易碰觸鈎介引發夾合。

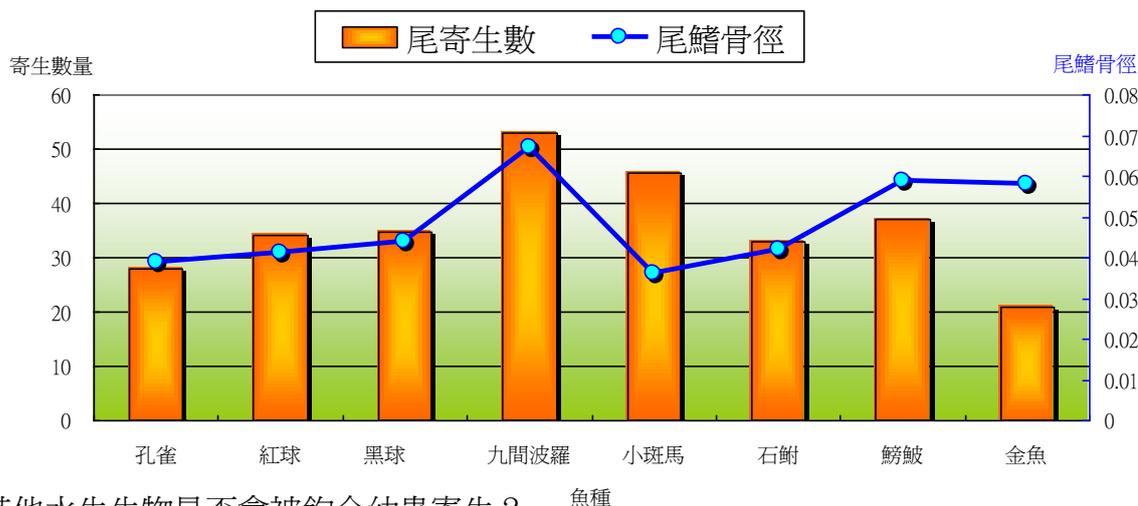
不同魚種寄生部位比較表



### 3. 鰭條軟骨的粗細與寄生數量是否有關？

下表以不同魚種尾鰭鰭條直徑與被寄生數量作比較，除小斑馬外其他魚種大致成正比關係。鈎介幼蟲殼寬約 0.26 mm 兩殼全開應可達 0.52mm，測量到的鰭條直徑則從最小平均 0.036 mm（小斑馬）到最大平均 0.067mm（九間波羅）均能順利夾上，也許鰭條粗細、殼鈎角度會影響到夾合之後是否容易脫落。

寄生數量與尾鰭骨徑關係圖



### 4. 其他水生生物是否會被鈎介幼蟲寄生？

放入蘋果螺、錐實螺與黑殼蝦各 10 隻，並放入鈎介幼蟲，原本第一天還發現蝦鬚與足被夾上，隔日後竟發現不論蝦、螺觀察缸中的鈎介及黏液絲均被清理完畢，不但不會被寄生，應該還是天敵呢！

## 二、高體鱗魮是否會產卵在其他雙殼綱貝類中？

- (一) 方法：高體鱗魮缸中分別置入河蜆與文蛤，並觀察紀錄。
- (二) 結果：偶爾接近，沒有建立領域行爲。高體鱗魮不會在河蜆與文蛤中產卵。
- (三) 討論：除外型不同外，我們推測出水孔（管）、鰓瓣構造也不同，因此無法吸引鱗魮

產卵。

### 三、設計實驗模擬高體鯉鰻繁殖時的刺激是否導致圓蚌排放鉤介。

(一) 方法：

- 1.物理刺激：以熱融膠探針及頭髮探針模擬母魚產卵管，刺激蚌出水孔。
- 2.將高體鯉鰻雄魚排精時的水倒入蚌缸中。

(二) 結果：均沒有排出鉤介幼蟲。

(三) 討論：我們發現圓蚌並不會利用高體鯉鰻繁殖時排出鉤介幼蟲，以我們的飼養觀察，換水及溫度刺激反而較容易排出成熟鉤介或尚未成熟的受精卵。

### 四、蚌與鯉鰻的關係討論

(一) 方法：觀察與文獻探討

(二) 結果與討論：

共生的定義：「兩生物體之間生活在一起的交互作用」。(維基百科)		
寄生	一種生物寄附於另一種生物，利用被寄附的生物的養分生存	(+/-)
互利共生	共生的生物體成員彼此都得到好處	(+/+)
片利共生	對其中一方生物體有益，卻對另一方沒有影響	(+/0)
偏害共生	對其中一方生物體有害，對其他共生線的成員則沒有影響	(-0)
無關共生	雙方都無益無損	(0/0)
<p><b>1.整體關係：</b>蚌與鯉鰻為互利共生，因鉤介幼蟲依靠魚體表面分泌物而發育，且能藉由魚的移動達到生物傳播的目的；鯉鰻魚卵則依賴蚌提供保護並藉由蚌鰓水流、氧氣而發育。因此以整體關係而言兩者都得到益處(+/+)，是<b>互利共生</b>。</p> <p><b>2.鉤介幼蟲</b>附著在魚體表面藉以獲取發育所需養分，則屬於寄生(+/-)中的<b>體外寄生</b>。</p> <p><b>3.依鯉鰻卵</b>在蚌體內發育的過程而言，魚卵獲得蚌的保護及流動的水流、較高的溶氧量等(+)，由觀察實驗中證明魚卵能以本身卵黃為營養來源(0)。因此我們傾向於將這種關係歸類為片利共生(+/0)。</p>		

互利共生 (+/+)	蚌繁殖 (+)	鉤介幼蟲	+	體外寄生
		鯉鰻	-	
	鯉鰻繁殖 (+)	鯉鰻卵	+	片利共生
		蚌	0	

### 【研究五】蚌與鯉鰻面臨的困境

#### 一、蚌與鯉鰻的天敵威脅

(一) 外來種對蚌與鯉鰻的威脅：

在野查部分我們發現乾涸的岸邊凹窪處有大型魚種屍體，多是外來種。如水族館常見的七星飛刀、皇冠三間及養殖魚種珍珠石斑、吳郭魚等。之前新聞中也提到高雄蓮池潭洿潭結果-七星飛刀及琵琶鼠、吳郭魚大量佔據繁殖成優勢魚種。而在我們蘭潭，這些大型魚種的存在對高體鯉鰻及其他中小型原生魚的生存恐怕也已造成嚴重威脅，也可能間接影響到蚌的繁殖，隨意棄養放生付出的代價真是太大了。此外人為放養烏鰡、草魚經濟魚種也會威脅到蚌的生存。



推測為珍珠石斑魚（馬拉關麗體魚）

從背鰭推測可能是吳郭魚



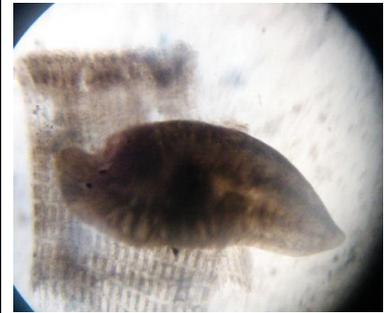
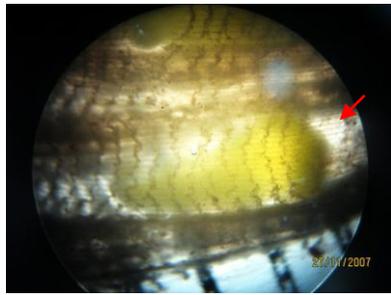
七星飛刀（圓形為 5 元硬幣）



由尾柄眼斑推測為皇冠三間（孔雀鱸）

（二）成蚌的其他威脅：

除魚類掠食外，鱗鰻魚的過度產卵、渦蟲等生物侵擾也是蚌死亡的原因，枯水期則容易受到鷺科等其他生物的掠食。



飼養中暴斃的蚌發現有許多魚卵，並在鰓組織中發現渦蟲

（三）鉤介幼蟲的天敵：

渦蟲、輪蟲、原生蟲類或其他扁蟲、線蟲及水生螺、蝦等侵擾或捕食鉤介幼蟲而影響到存活。



不知名小蟲



可能是某種原生蟲類



淡水輪蟲干擾

（四）鱗鰻小魚的天敵：鱗鰻成魚、其他魚類等會掠食剛孵出的小魚。我們發現將鱗鰻產卵後的蚌撈出隔離飼養，每次至少約可孵出 12-18 隻幼魚，若沒撈出隔離，則小魚孵出後常遭成魚吞食而導致孵化率偏低。

## 【其他發現】

- 一、蚌殼的應用：蚌殼的最外層是有機質組成的角質層，中間是碳酸鈣組成的稜柱層，最裡面則是珍珠層。在大陸地區利用外套膜分泌的珍珠層來人工養珠。我們則發現撿拾來的死蚌殼也另有用途：

製作二氧化碳	將蚌殼清洗乾淨敲碎放入錐形瓶，加入酸（我們是用醋酸）與殼中的碳酸鈣成分反應產生二氧化碳可供實驗使用（6 上氧化與生鏽）。	
結晶樹	上列實驗中的醋酸鈣溶液水分蒸發後出現了美麗的白色結晶，可以做出漂亮的結晶樹	

- 二、蚌對人類價值：1.食物。 2.人工養珠。 3.醫藥。

- 三、蚌的生態價值：1.食物鏈（網）中其他生物的食物，如水獺、鷺科水鳥、烏鰂等。  
2.淨化水質，避免懸浮藻類滋生。  
3.環境指標，檢測當地水質是否受到污染。  
4 活化底泥，潛砂翻攪底泥可以活化河湖底床。

## 陸、結論：

- 一、圓蚌與高體鯉魴的繁殖行為中可以觀察到**體外授精**、特殊的**育幼行為**（蚌的育兒囊及魚的借蚌孵卵）、**以量取勝的繁殖策略**（**鉤介幼蟲**）還有**以質取勝的繁殖策略**（**鯉魴魚卵**）；**互利共生**的關係中則又包含了體外寄生與片利共生的特殊關係，讓我們對「生物的繁殖」有了更深刻的體認。
- 二、蚌的外型構造從幾何與物理上來看，斧足位置及殼形有巧妙之處且符合力學原理。未來也許對於耕耘機、礦坑機具或地下水道施工機具能有設計上的參考價值；而鉤介幼蟲構造及其與捕獸夾的相似度也使人不得不佩服造物者的神奇。
- 三、蚌的繁殖有「**天女散花**」及「**天羅地網**」兩種方式，其中黏液絲網除能增加寄生成功機會外，還能對幼蟲提供保護，延長存活時間。
- 四、**黏液絲成分應該包含蛋白質與酶**，未來如果能深入研究也許能應用在水生動物傷口的敷料、水中黏膠或是安全採集水生生物的工具。
- 五、**鉤介幼蟲適合生存在中性（pH7）、低鹽度（0%）**且水溫不是太高的水域，目前的環境污染與全球暖化的問題恐怕對蚌的繁衍造成影響，間接也會影響到鯉魴亞科魚類的生存。
- 六、鉤介幼蟲必須寄生魚體表面，依賴魚體表黏膜營養發育變態成為稚蚌，為**不完全變態**。此時，稚蚌的外套膜增厚、長出斧足但鰓尚未發育完全。
- 七、**鉤介幼蟲也可以寄生在其他魚種身上**，但鯉魴亞科魚類因特殊的繁殖與盤據行為而增

加被寄生的機會。

八、高體鯉鰻的繁殖行為主要分三階段。而正確產卵位置應為出水孔。圓蚌能關閉或改變出水孔位置誘使母魚產在背角縫隙，並利用出水孔水流排出魚卵避免被寄生。

九、鯉鰻魚卵在蚌的內、外鰓瓣上癒合的鰓葉腔中發育，蚌卵則只在雌蚌外鰓瓣的育兒囊中發育，發育完成後均由出水孔排出。

十、高體鯉鰻卵不論外型、數量、卵膜與孵化時間均與其他魚種不同，尤其倒勾狀的翼狀組織能穩固附著在蚌鰓中。

十一、視覺與側線覺是雌魚產卵的重要依據，也因此雌魚才能確認蚌出水孔位置並產卵在出水孔中。

十二、蚌與魚的雖然有特殊繁殖方式但天敵也不少，尤其是大型外來魚種的威脅對兩者均造成危害。在日本，鯉鰻亞科魚因特殊習性被列為天然紀念物保護。在大陸，淡水蚌類在人工養珠及醫學上則受到重視，反觀國內，則相關研究相對較少。事實上不論觀賞價值、學習研究上的教育意義均遠勝過其他外來種。認識環境先認識水域，認識水域先認識裡面的生物。藉由我們的觀察希望能讓大家重視本土物種的奇妙，了解我們賴以維生的蘭潭水域，進而體認到保護環境的重要性。

## 柒、參考資料：

### 一、中文部分：

1. 蔡英亞 (1997)。貝類學概論。台北縣：水產出版社。
2. 陳義雄、張詠青 (2005)。高體鯉鰻、台灣石鮒。載於台灣淡水魚類原色圖鑑 (144-155 頁)。台北縣：水產出版社。
3. 林春吉 (2007)。高體鯉鰻。載於台灣淡水魚蝦生態大圖鑑 (130-131 頁)。台北市：天下。
4. 張明惠、黃葶嘉、劉醇志、陳偉諭 (2007)。水中的精靈—台灣石鮒、高體鯉鰻。中華民國第 47 屆科學展覽會報告 (報告編號：081537)。
5. 有澤重雄 (2001)。鯉鰻魚。載於飼養栽培魔法書 (208-209 頁)。台北市：喜鵲文化。
6. 吳華蓉、李宗翰 (2000)。高體鯉鰻生殖行為之介紹。自然保育季刊，**30**， 32-34。

### 二、網路資源

1. 嚴宏洋 (2007)。魚兒求生六技。台北市：科學人。民 96 年 9 月 20 日，取自：<http://www.scu.edu.tw/language/05/my-pdf/six.pdf>
2. 鄧道貴、何卫龙 (2006)。pH 对舟形无齿蚌钩介幼虫存活率的影响。信阳师范学院学报，**19-2**。民 96 年 8 月 3 日，取自：[http://engine.cqvip.com/content/q/96979x/2006/019/002/zk12\\_q6\\_21565219.pdf](http://engine.cqvip.com/content/q/96979x/2006/019/002/zk12_q6_21565219.pdf)
3. 吴小平、梁彦龄、王洪铸 (1999)。蚌科钩介幼虫比较形态学研究。水生生物学报，**23-2**。民 96 年 7 月 21 日，取自：<http://www.wanfangdata.com.cn/qikan/periodical/Articles/ssswxb/sssw99/sssw9902/990207.htm>
4. 瓣鰓綱。民 96 年 7 月 21 日，取自：<http://www.hlbr.cn/dep/biology/tch/zoology/html/mollusca/m17.htm>
5. 台灣貝類名錄：蚌科 (無日期)。台灣貝類資料庫。民 96 年 7 月 21 日，取自：

<http://shell.sinica.edu.tw/chinese/shellfamily2.php?Family=Unionidae>

6. 維基百科：共生（無日期）。維基百科。民 97 年 4 月 12 日，取自：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%B1%E7%94%9F>

7. 陳冠如、陳敏隆、賴仲義、劉富光（2006）。高體鯿鰱二三事。台北縣：行政院農業委員會水產試驗所。民 97 年 1 月 12 日，取自：

[http://www.tfrin.gov.tw/friweb/data/publish2/203/20060512-110128\\_11\\_高體旁皮二三事-3.pdf](http://www.tfrin.gov.tw/friweb/data/publish2/203/20060512-110128_11_高體旁皮二三事-3.pdf)

**【評語】** 081554

觀察得十分詳細，研究動機及方法都很好。

研究內容有新發現，並且有作深入探討。

數據整理可以再加強(如樣本數等)。

研究成果有進一步擴大、深入的空間。