

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

佳作

030312

與牡蠣的蟹逅~豆蟹與牡蠣寄生關係之探討

學校名稱：高雄市立陽明國民中學

作者： 國二 黃士倫 國二 陳璽云 國二 潘柏瑋	指導老師： 蔡瑞琴 鍾珮軒
---	-----------------------------

關鍵詞：牡蠣、豆蟹、寄生

與牡蠣的蟹逅~

豆蟹與牡蠣寄生關係之探討

摘要

豆蟹被發現共生於牡蠣內，但其關係的建立仍不清楚。本研究藉觀察牡蠣與豆蟹個別與共同生活探究它們的相互關係。結果發現雌雄牡蠣外觀型態差異甚小，但精卵外型與大小卻明顯不同。進行人工受精時增加洗卵次數可提高孵化率，也觀察到卵裂、擔輪子幼體和 D 型幼體等變化。對豆蟹的觀察顯示雄豆蟹體型小，常躲入雌蟹腹部中。抱卵雌蟹以腹部開合產生水流排放蚤狀幼體，幼體具正趨光性。將牡蠣與豆蟹一起飼養觀察兩者互動，發現豆蟹成體無法進入牡蠣。經調查發現牡蠣被豆蟹寄生率約 10~12%，被寄生的牡蠣以 1-2 隻豆蟹居多，若寄生 2 隻豆蟹多為 1 雄 1 雌，比較被寄生與否的牡蠣之殼長和組織乾重，推測 0.32~0.39cm 的稚蟹選擇進入殼長 3 公分以上的牡蠣是寄生開始的可能時機。

與牡蠣的蟹逅~

豆蟹與牡蠣寄生關係之探討

壹、研究動機：

『牡蠣』俗稱『蚵仔』、『蠔仔』是很多人喜歡吃的海鮮，在台灣夜市最常吃到的是『蚵仔煎』、『蚵仔捲』、『蚵仔麵線』，而『生蠔』則是頂級餐廳的高價食物。有一次偶然機會到台南安平旅遊，看到一群婆婆媽媽們正在剝牡蠣殼，當剝開殼時偶有螃蟹出現，翻爬於牡蠣肉間，且不像一般螃蟹有如鐵甲武士般舉螯揮舞，不容侵犯，螃蟹的腳細細軟軟，身體摸起來也是軟軟的，讓我們感到非常驚訝及新奇，為什麼牡蠣殼內會有螃蟹呢？這是什麼種類的螃蟹？究竟螃蟹是在生活史的哪一階段，隱入牡蠣體內？而牡蠣又是在哪個階段讓螃蟹有機可乘？螃蟹與牡蠣有何依附關係？



照片 1. 蚵棚體驗與認識養殖牡蠣



照片 2. 與剝牡蠣的阿嬤們聊牡蠣

老師認為既然我們對牡蠣如此好奇，而且這些問題都是極為有趣的探討問題，因此建議我們飼養和觀察牡蠣，於是我們排除萬難帶回了一些牡蠣並定期更換海水，在學校和家中飼養牡蠣，飼養過程中更不可思議的是：在我們飼養牡蠣的水族箱內竟然出現許多的螃蟹幼蟲，真是太奇妙了！究竟牠們是如何展開共生關係的呢？因此我們決定以國一生物下冊第四章-形形色色的生物為基礎；並配合生物下冊第一章的生殖和第五章生物間的交互作用做專題研究，深入探究其中奧妙。

貳、研究目的：

為了探討牡蠣是在哪一階段讓豆蟹有機可乘進入殼內，從瞭解牡蠣的生活史著手，試圖找出豆蟹侵入的機會點，但是牡蠣終身的成長都在海洋中，不容易觀察，只有在實驗室以人工培育方式，才能獲得解決找出答案。於是我們採用人工受精法，由卵的分裂及幼體的變態，探討牡蠣的成長，以方便後續實驗的進行，我們擬定了以下的研究目的：

- 一、了解牡蠣與豆蟹的分類與形態構造
- 二、以人工授精法繁殖與飼養牡蠣
- 二、觀察牡蠣的一生和其成長
- 三、研究豆蟹的一生和其行為
- 四、探討牡蠣與豆蟹的依附關係

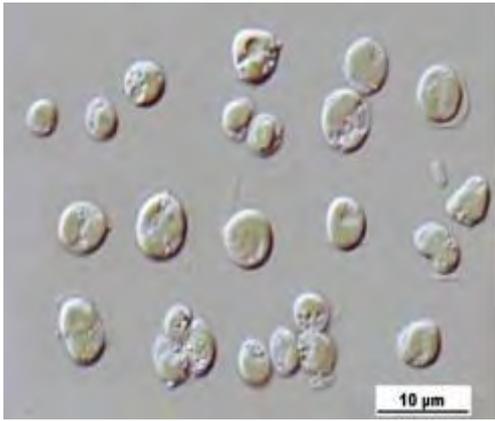
參、研究方法：

一、牡蠣採樣及養殖

本研究所使用的牡蠣採自七股瀉湖沿海一帶，採回牡蠣後以海水養殖，並以海洋擬球藻(*Nannochloropsis oculata*) 餵食牡蠣(如照片3)。蓄養槽上方以檯燈一盞為光源，以水族打氣機作為供氣來源，溫度為室溫約 20~25°C，鹽度則約 30.0~32.0‰，水位保持在 10 公分左右，每天早晚各一次以海洋擬球藻 (照片 4)餵飼並抽換 1/3 的水體。



照片 3. 牡蠣飼養裝置



照片 4. 牡蠣的食物~海洋擬球藻
(*Nannochloropsis oculata*)



照片 5. 測量牡蠣的形狀和質量

二、牡蠣的形質測量

使用游標尺測量其殼長、殼寬及重量並計算其長/寬比（照片 5）。

三、人工誘導牡蠣排精卵

（一）實驗材料

材 料	數 量	用 途
手套	1 雙	解剖牡蠣時護手用
滴管	1 支	吸取水樣觀察卵的變化
蚶刀	1 支	解剖牡蠣
燒杯	6 個	盛裝海水與牡蠣受精卵
濾杓	1 支	用以過濾材質
塑膠軟管	5 條	以虹吸吸取上層未受精的精、卵及打氣
鑷子	1 支	取精子與卵
自製探針	1 支	刮取少量精、卵用以觀察
鹽度計	1 支	測定海水鹽度
酸鹼度計	1 支	測定海水酸鹼值
雙凹載玻片	2 片	盛精、卵與受精卵觀察
光學顯微鏡	1 台	觀察標本
抹布	1 條	擦拭水漬
海水(26‰)	20 公升	清洗受精卵及養殖牡蠣幼苗
打氣幫浦	2 台	提供受精卵及牡蠣幼體打氣用

(二) 實驗過程

A. 牡蠣的人工受精

1. 帶殼牡蠣數十顆作為解剖取出精、卵的樣本。
2. 戴上手套用蚶刀逐一剖開牡蠣，括取少量生殖腺，置於以滴管滴有 1 毫升海水的載玻片凹槽內，使檢體在水中散開，利用顯微鏡觀察，分出雌雄，以 1♂4♀ 比例，將其生殖腺用鑷子夾入裝有 1000 毫升海水(鹽度 22‰、pH8.02)的甲燒杯中。
3. 完成採取精、卵後，使用玻棒在含有精卵的海水甲燒杯中，每隔 5 分鐘緩慢攪動一次，增加精卵受精機會，攪動 3 次後，將含精、卵的海水倒入另一上方置有濾杓(網目 0.5mm)的乙燒杯，以濾除雜物，隨後靜置。
4. 於靜置 30 分鐘後，充分攪拌，將乙燒杯 500 毫升倒至丙燒杯中，再分別於乙、丙燒杯加入 500 毫升的乾淨海水使達 1000 毫升(丙燒杯為未洗卵對照組)，再靜置。
5. 於靜置 30 分鐘後，使用塑膠軟管將乙燒杯上層之 500 毫升溶液，以虹吸原理抽除，再將乙燒杯中的 500 毫升溶液分裝 250 毫升至丁燒杯，並分別於乙、丁燒杯再加入海水使達 1000 毫升(丁燒杯為第一次洗卵組)，再靜置。
6. 重覆步驟 5，於乙、戊燒杯再加入乾淨海水，使各燒杯溶液均達 1000 毫升(戊燒杯為第二次洗卵組)。
7. 乙燒杯則於靜置 30 分鐘後，抽除上層 500 毫升後，再補加 500 毫升海水，為第三次洗卵組。將乙、丙、丁、戊燒杯施以打氣。
8. 各實驗分別達 7 小時後，以吸管取燒杯溶液 1 毫升 (共 5 次)於光學顯微鏡下觀察及拍照紀錄牡蠣受精卵的卵裂變化及變態發育。
9. 由卵裂階段孵化轉入擔輪子幼體時即投餵擬球藻餌料生物 10 毫升(每 1 毫升含 4×10^4 細胞)，每 12 小時投餵 1 次。

B. 洗卵對牡蠣受精率及孵化率的影響

1. 重複「A. 牡蠣的人工受精」的實驗過程 1~6。
2. 於靜置 30 分鐘後，使用塑膠軟管，以虹吸原理將乙燒杯之上層液 500 毫升抽除，再從乙燒杯中倒 250 毫升至己燒杯，並補加海水，使二燒杯均達 1000 毫升(己燒杯為第三次洗卵組)，再靜置。
3. 乙燒杯於靜置 30 分鐘後，抽除上層液 500 毫升，再加入 500 毫升海水至 1000 毫升為第四次洗卵組。
4. 各實驗組燒杯均於稀釋後施以打氣。
5. 各實驗組依實驗順序分別比前一組慢 0.5 小時，於未洗卵組實驗進行 7 小時後，用吸管吸 1 毫升水樣(每組均採樣 5 次)至血球計數盤，於光學顯微鏡下觀察計數未受精卵、卵裂及擔輪子幼體數量。
6. (1)未受精卵在外型上細胞核仍明顯可見而未作分裂。
(2)卵裂是指卵細胞已分裂成 2 細胞球以上至桑椹期，但細胞不會轉動。

(3)擔輪子幼體是卵細胞孵化後的第一階段，個體會有明顯的轉動。

(4)受精率的計算： $[(\text{卵裂細胞數} + \text{擔輪子幼體數}) / (\text{未受精卵數} + \text{卵裂細胞數} + \text{擔輪子幼體數})] \times 100\%$

(5)孵化率的計算： $[\text{擔輪子幼體數} / (\text{未受精卵數} + \text{卵裂細胞數} + \text{擔輪子幼體數})] \times 100\%$ (圖 1 為洗卵示意圖)

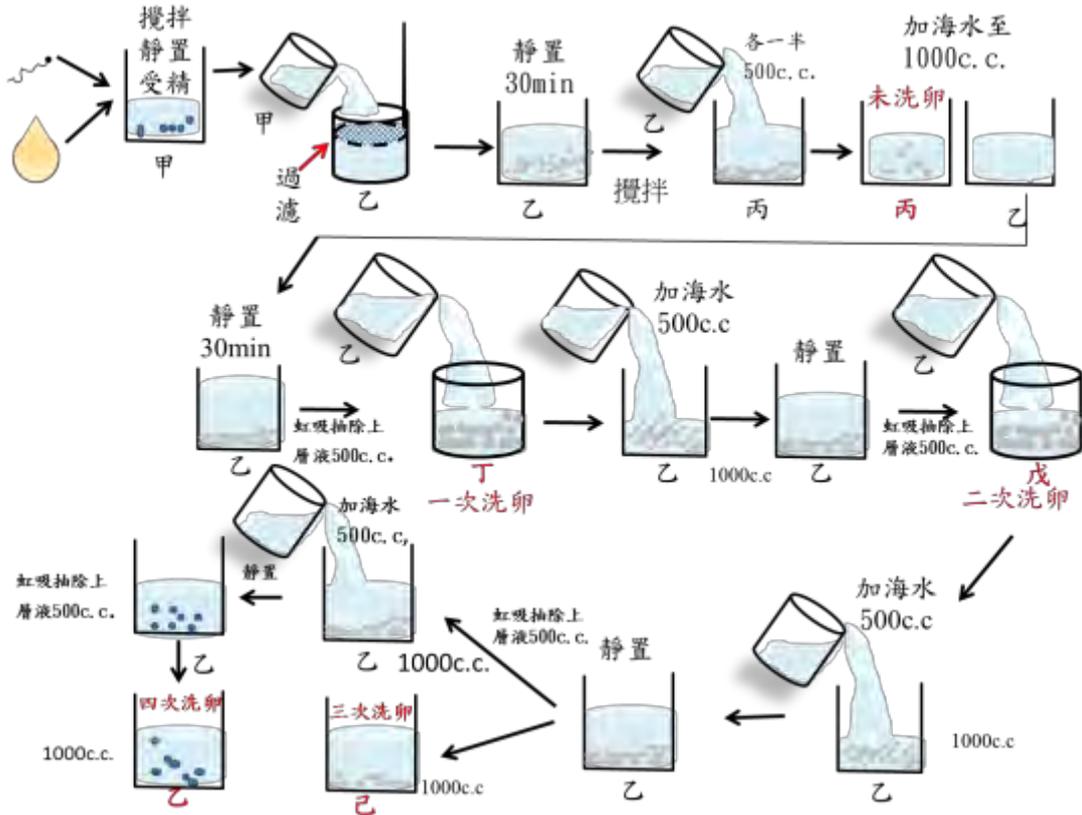


圖 1. 洗卵示意圖

四、豆蟹耐鹽性與趨性試驗

為了瞭解豆蟹幼體和成蟹的特性，我們將剛孵化不到一日的豆蟹幼體及以馴養 2 週的成蟹放入不同鹽度的海水之中觀察存活情形，找出豆蟹幼體和成蟹的耐鹽範圍，並測試豆蟹的趨性。

(一) 實驗材料：

材料	數量	用途
豆蟹幼體	150~200 隻	實驗對象
培養皿	4 個	養豆蟹，方便觀察豆蟹活動情形
手電筒	1 個	提供光源，測試豆蟹正趨光性
6.5‰鹽度海水	30 毫升	實驗用水
13‰鹽度海水	30 毫升	實驗用水
19.5‰鹽度海水	30 毫升	實驗用水
26‰鹽度海水	30 毫升	實驗用水
照相機		記錄豆蟹活動情形

(二) 實驗步驟

將不同鹽度的海水配置好，分別裝 30 毫升至各個培養皿之中，標記清楚備用(用膠帶將邊框墊高，以確保氣體的流通)分別放入數目不等的豆蟹幼體或 3 隻成蟹至各個培養皿或燒杯之中，觀察豆蟹的活動情形。

肆、研究結果與討論：

【研究一】牡蠣的分類與型態

一、牡蠣的分類：

牡蠣為台灣重要經濟水產貝類，近年來，中央研究院巫文隆博士針對台灣貝類進行一系列的調查，指出台灣的牡蠣共有6屬18種。台灣養殖的牡蠣以葡萄牙牡蠣居多 (*Crassostrea angulata*)，屬於軟體動物門(Phylum Mollusca) 雙殼綱(Class Bivalvia) 牡蠣科(Family Ostreidae)，真牡蠣屬(*Crassostrea*)，在台灣主要分布於西部沿岸，其產量為經濟貝類總產量之首(文獻1)。

二、牡蠣的構造：

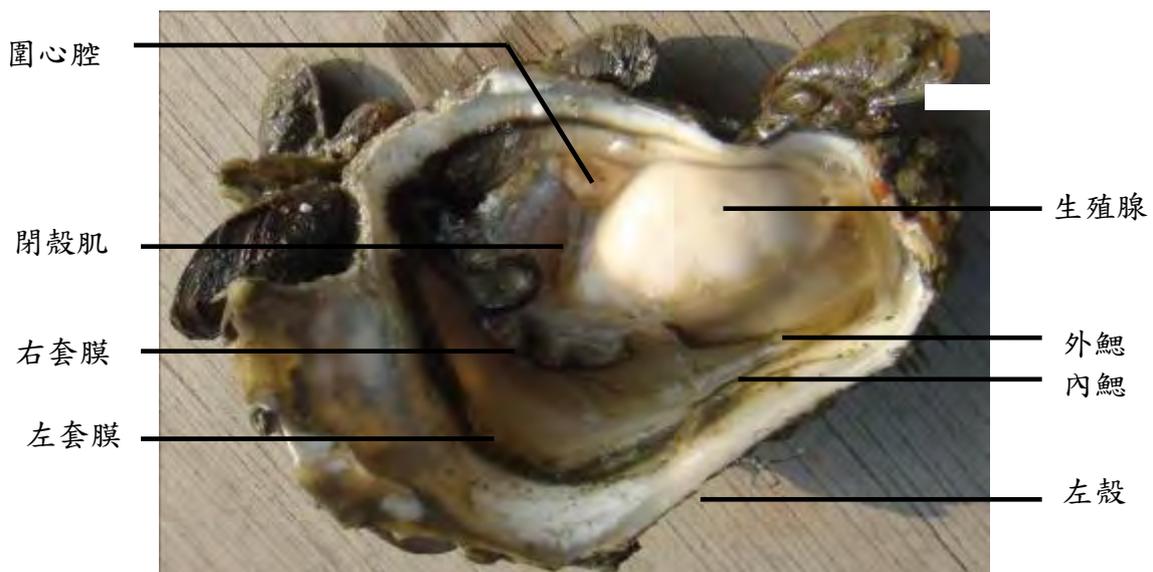
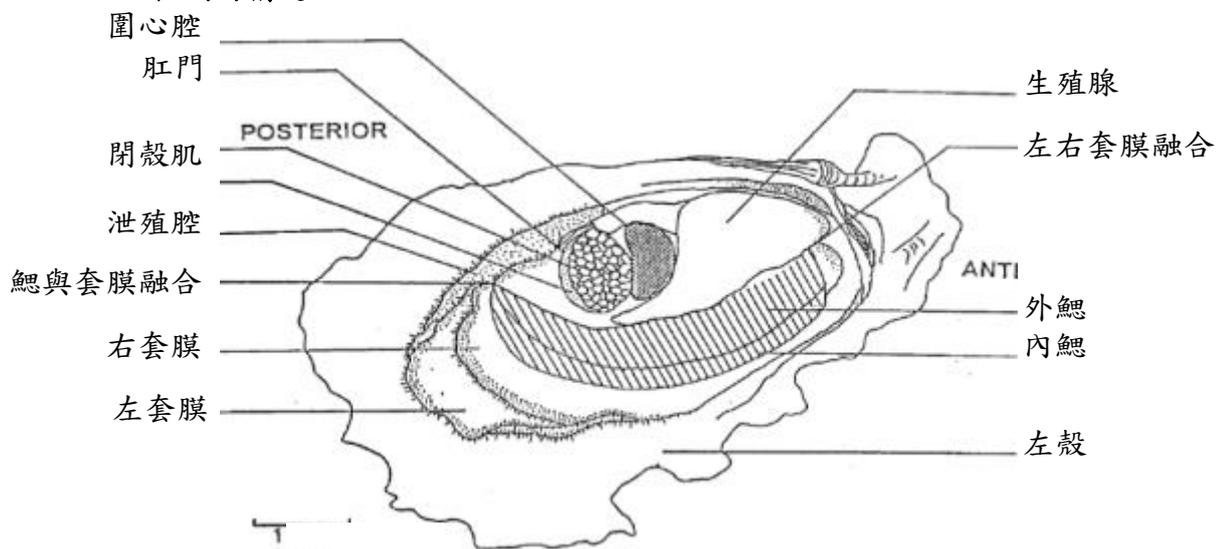


圖 2. 牡蠣的構造說明圖

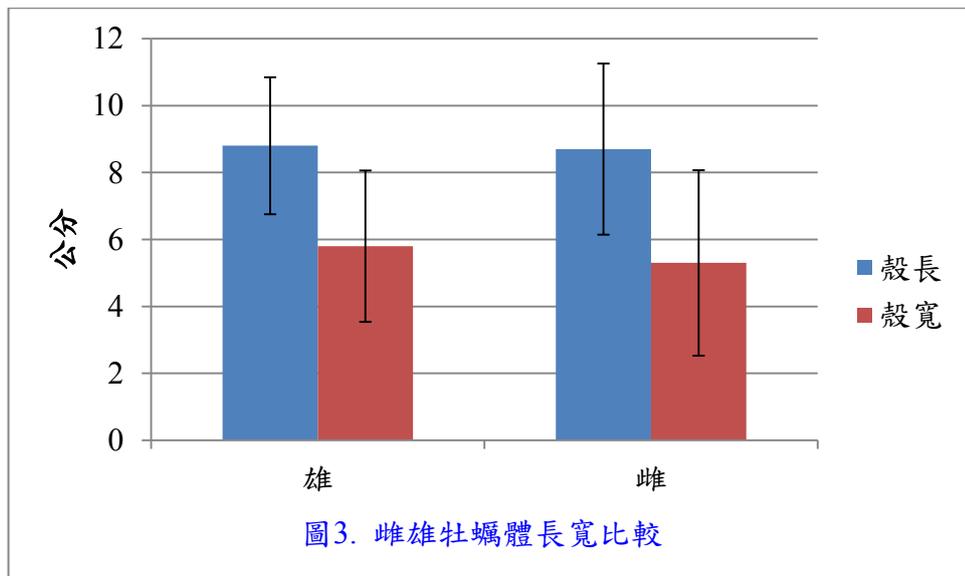
三、牡蠣的雄雌比較：

從外觀很難直接判斷牡蠣的雄雌，於是我們測量了牡蠣的長寬和重量後，以開殼刀打開牡蠣，取少許生殖腺內的液體，作顯微觀察得知其雌雄，結果記錄如(表一)：

表一、牡蠣型態測量記錄表					
編號	長	寬	長/寬比	總重量(g)	雌雄
4	8.5	5.5	1.55	85.54	♂
7	9.5	5.5	1.73	44.8	♂
8	10	6	1.67	63.75	♂
9	8	5	1.60	51.08	♂
12	9	6	1.50	95.76	♂
13	9.5	6	1.58	81.73	♂
14	8.5	5.5	1.55	67.6	♂
16	9	5.5	1.64	65.09	♂
20	7	5.5	1.27	50.73	♂
21	9	7	1.29	71.37	♂
22	9.5	5.5	1.73	81.68	♂
23	8	7.5	1.07	99.04	♂
24	9	5.5	1.64	56.53	♂
27	8.5	5	1.70	54.67	♂
28	7.5	5	1.50	62.56	♂
29	9.5	6	1.58	67.89	♂
30	10	5	2.00	78.04	♂
31	9	6.5	1.38	70.86	♂
平均	8.8	5.8	1.6	69.4	18 隻
1	8.5	4	2.13	78.22	♀
2	10	6.5	1.54	72.3	♀
3	9.5	4.5	2.11	80.2	♀
5	7.5	4	1.88	59	♀
6	8	6	1.33	80.69	♀
10	9	5	1.80	61.64	♀
11	10	6	1.67	91.6	♀
15	9	6	1.50	73.87	♀
17	8.5	5	1.70	55.6	♀
18	7	5	1.40	43.28	♀
19	10	6	1.67	94.64	♀
25	8.5	5.5	1.55	61.64	♀
26	8	5.5	1.45	68.3	♀
平均	8.7	5.3	1.7	70.8	13 隻



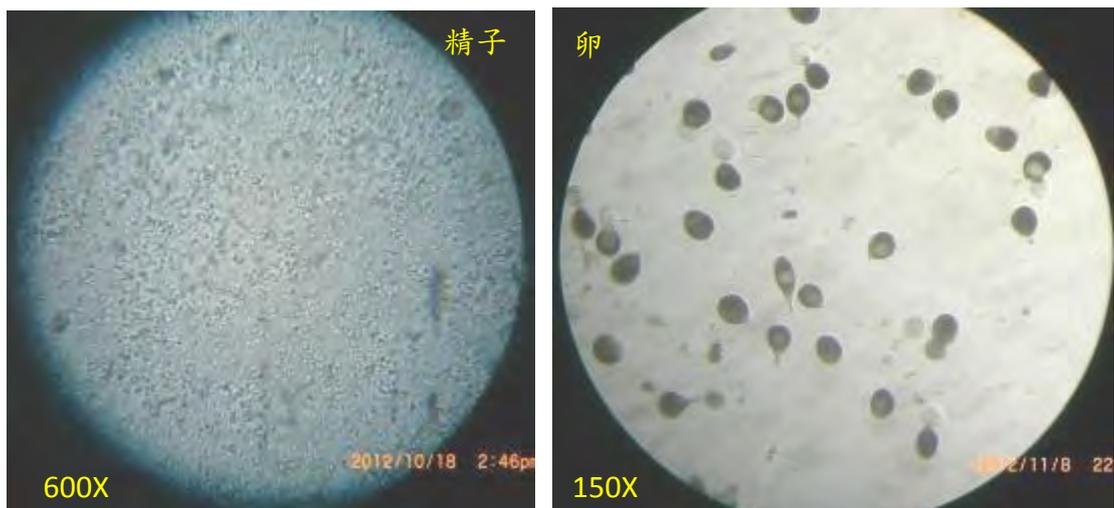
照片 6. 31 隻牡蠣剝殼前和剝殼後



● **結果分析:**

測量與統計31隻牡蠣後發現—

1. 自然界中牡蠣的雄雌數量比例相近(101.10.26統計--雄:雌=18:13)。
2. 雄牡蠣與雌牡蠣的平均長寬比為1.6和1.7，雄雌牡蠣在外觀上並沒有顯著差異，解剖後的去殼外觀也長得很相似，因此要判斷牡蠣的雄雌只能取其生殖腺做顯微觀察。
3. 我們用數位相機拍下顯微鏡下牡蠣的精子和卵，精子和卵外型和大小差異很大，雖然精子非常的小但是放大600倍左右即可見蝌蚪狀的精子非常活潑的動來動去(詳見影片)，牡蠣的卵成梨形較精子大許多，放大150倍即可明顯地觀察到(照片7)。

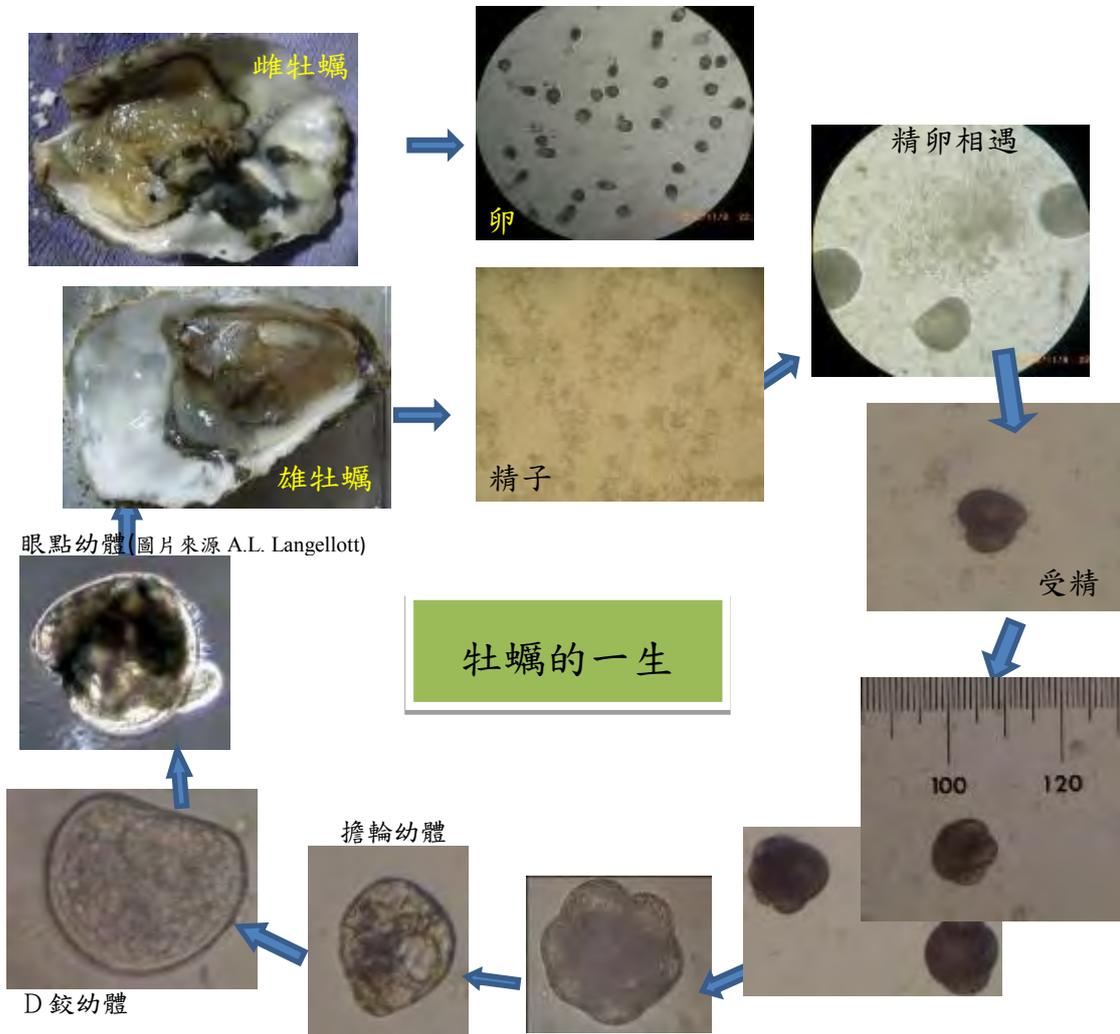


照片 7. 牡蠣的精子和卵的顯微照片

【研究二】牡蠣的人工受精、飼養與生活史觀察

一、牡蠣的一生觀察

經過多次的人工授精和洗卵試驗，我們順利觀察到牡蠣從取精卵、受精卵的發育和卵裂的過程，也成功飼養到擔輪子幼體時期(游動情形詳見影片)



照片8. 牡蠣的生活史

● 觀察結果:

受精時間	觀察結果
精卵相遇	在顯微鏡下觀察到大量且活動力佳的精子和卵相遇，卵受精子游動的影響也會旋轉移動
第1小時	部份受精卵已開始卵裂成2細胞、4細胞期
第2小時	部份受精卵已開始卵裂成2細胞、4細胞、8細胞期
第3小時	部份受精卵已開始卵裂成2、4、8、16細胞期
第7小時	部份受精卵已孵出擔輪子幼體，開始利用纖毛繞圈轉動
第23小時	部份已變態發育成D型幼體，仍繞圈轉動，並伸出肉足、分泌黏液，沾黏水中微小顆粒分子，疑似進行攝食

二、牡蠣人工受精法第二次與第三次洗卵對受精率及孵化率之影響

由於牡蠣終生在海洋生活，且幼體小到無法用肉眼觀察，想要了解牡蠣生活史，需在實驗室內進行人工受精法養殖，為避免多重受精及影響水質，故需將上層水抽除，將留存的受精卵再加海水稀釋後靜置(洗卵)，並重複 2 至 3 次。因此我們想藉由比較第 2 次與第 3 次洗卵後的下層液卵的受精率及孵化率，探討洗卵是否真有其效用？

重複第一次洗卵實驗，再次驗證「洗卵」是否能提昇牡蠣卵的受精率及孵化率？本次實驗另增加未經洗卵之對照組以探討有無洗卵的差異性，及再增加一次洗卵，以探討隨著洗卵次數的增多，牡蠣卵受精率及孵化率是否會再提高？

● 結果:

A. 第一次實驗結果

1. 第二次洗卵

採樣次數	未受精(粒)	卵裂(粒)	擔輪子幼體(隻)	合計
1	1	3	10	14
2	8	44	54	106
3	1	9	39	49
4	2	16	22	40
5	3	10	24	37
合計	15	82	149	246
受精率(%)	93.90%			
孵化率(%)	60.57%			

2. 第三次洗卵

採樣次數	未受精(粒)	卵裂(粒)	擔輪子幼體(隻)	合計
1	6	23	60	89
2	6	27	58	91
3	2	25	76	103
4	4	19	80	103
5	5	17	45	67
合計	23	111	319	453
受精率(%)	94.92%			
孵化率(%)	70.42%			

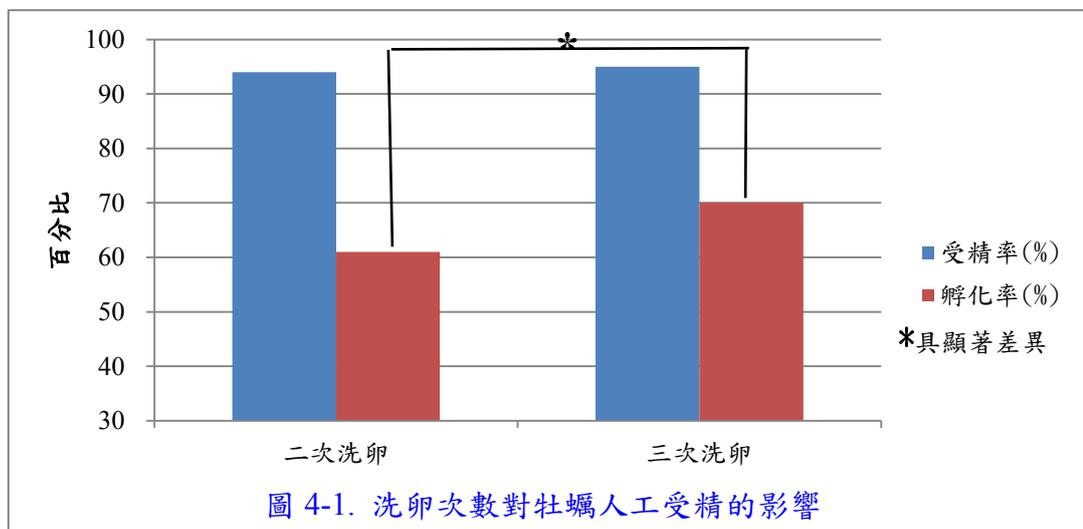


圖 4-1. 洗卵次數對牡蠣人工受精的影響

● **實驗討論:**

比較經第三次洗卵後，卵之受精率與孵化率確實優於第二次，尤以孵化率增加最為顯著，證明在進行牡蠣人工受精法過程中，洗卵對增加牡蠣受精卵的孵化率是有效的。

B. 第二次實驗

1. 未洗卵組

採樣次數	未受精卵(粒)	分裂卵(粒)	擔輪子幼體(隻)	合計
1	2	92	10	104
2	2	108	40	150
3	4	91	16	111
4	2	134	21	157
5	3	111	18	132
合計	13	536	105	654
受精率(%)	98.01			
孵化率(%)	16.06			

2. 經一次洗卵

採樣次數	未受精卵(粒)	分裂卵(粒)	擔輪子幼體(隻)	合計
1	1	22	38	61
2	1	35	34	70
3	2	26	38	66
4	4	25	41	70
5	1	29	55	85
合計	9	137	206	352
受精率(%)	97.44			
孵化率(%)	58.52			

3. 經二次洗卵

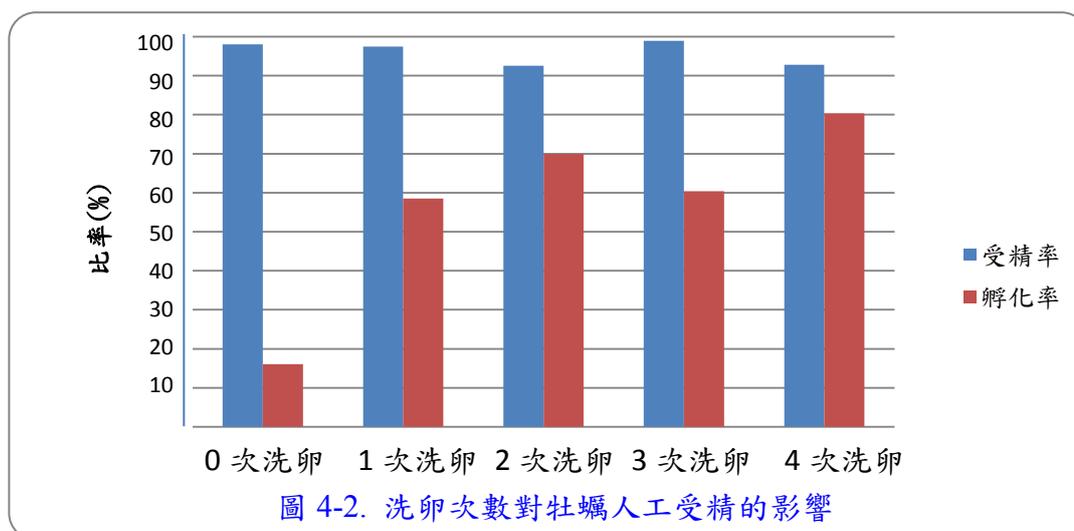
採樣次數	未受精卵(粒)	分裂卵(粒)	擔輪子幼體(隻)	合計
1	8	20	77	105
2	8	20	66	94
3	3	15	36	54
4	5	23	51	79
5	8	21	71	100
合計	32	99	301	432
受精率(%)	92.59			
孵化率(%)	69.98			

4.經三次洗卵

採樣次數	未受精卵(粒)	分裂卵(粒)	擔輪子幼體(隻)	合計
1	0	12	16	28
2	0	15	35	50
3	2	26	29	57
4	0	8	16	24
5	0	13	20	33
合計	2	74	116	192
受精率(%)	98.96			
孵化率(%)	60.42			

5.經四次洗卵

採樣次數	未受精卵(粒)	分裂卵(粒)	擔輪子幼體(隻)	合計
1	19	48	190	257
2	29	37	186	252
3	19	30	269	318
4	14	14	101	129
5	7	22	234	263
合計	88	151	980	1219
受精率(%)	92.78			
孵化率(%)	80.39			



● 實驗討論

牡蠣卵的受精率並不因為有無經過洗卵而受影響，且其受精率均高於90%以上；但牡蠣利用人工受精法在進行過程增加洗卵，確實可增加牡蠣受精卵的孵化率，有洗卵比未洗卵的孵化率約可增加6倍，且每增加洗卵一次，還可提昇約10%的孵化率，又以進行4次洗卵增加孵化效率最為顯著，但也由於洗卵使得卵子未能與精子有充足的邂逅時間，以致經第4次洗卵(本實驗最後一次)在抽樣的採卵中留下較高的未受精卵。

【研究三】豆蟹的分類與形態構造

一、 豆蟹的分類：

豆蟹因體型如豌豆大小而得名，常在養蚶人剖蚶時被發現，因體型小且殼柔軟時常被忽略而一起烹煮。養蚶人經常稱之為蚶蟬、蚶珠或走馬仔。我們所採集到的豆蟹在分類學的地位如下：

門：節肢動物門 Arthropoda

綱：軟甲綱 Malacostraca

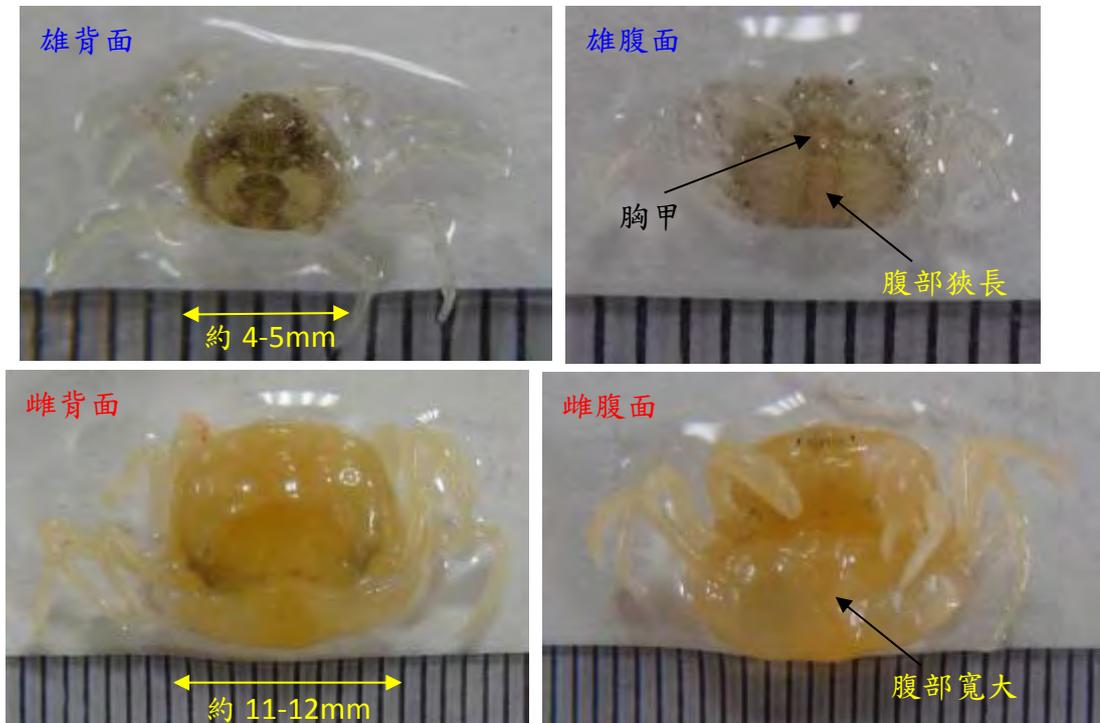
目：十足目 Decapoda

科：豆蟹科 Pinnotheridae

屬：豆蟹屬 *Pinnotheres*

種：中華蚶豆蟹 *Pinnotheres sinensi*

二、 雄雌豆蟹的型態比較：



照片9. 雄雌豆蟹形態比較

● 觀察結果：

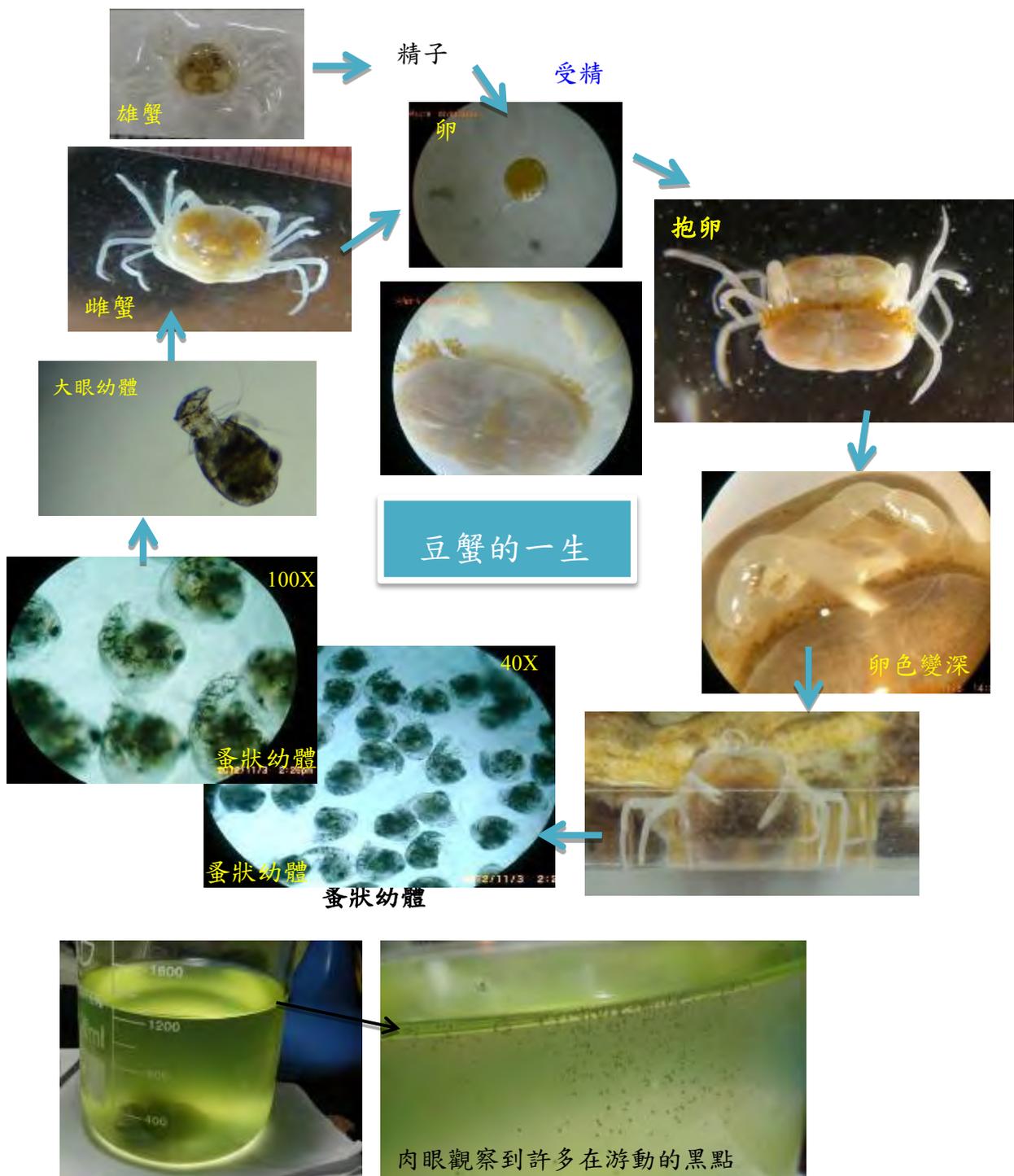
表二 雄雌豆蟹外部型態比較

豆蟹	雄	雌
體型	較小約4-5mm	較大約11-12mm
顏色	透明有灰黑色色素分布	較不透明顏色偏黃橙色
腹部	腹部狹長	腹部寬大

【研究四】豆蟹的一生與行為觀察

一、豆蟹的一生觀察

無法從海裡直接取得豆蟹，因此我們趁剝蚵殼撥開牡蠣時要到的豆蟹帶回，帶回的豆蟹多為雌蟹，而雄蟹數量稀少取得不易，因此並未觀察到雄豆蟹的精子，但是雌豆蟹經常有抱卵，因此我們觀察到豆蟹的卵孵化及其活潑的蚤狀幼體(詳見影片):



照片10. 豆蟹的生活史

二、豆蟹行為觀察與測試

(一)雄雌豆蟹互相交纏一起:

蓄養在燒杯內的雌、雄豆蟹，體型較大的雌蟹常會互相糾結在一起，而體型明顯較小的雄蟹，則常會攀爬到雌蟹的背甲後方，此時雌蟹會使用後二對步腳上舉到背甲撥弄雄蟹，而造成重心不穩十腳朝天；另有一隻雌蟹腹部有不明生物寄生，佔據一半腹甲，並讓腹部凸起，體型小的雄蟹會藉機躲入雌蟹腹部。

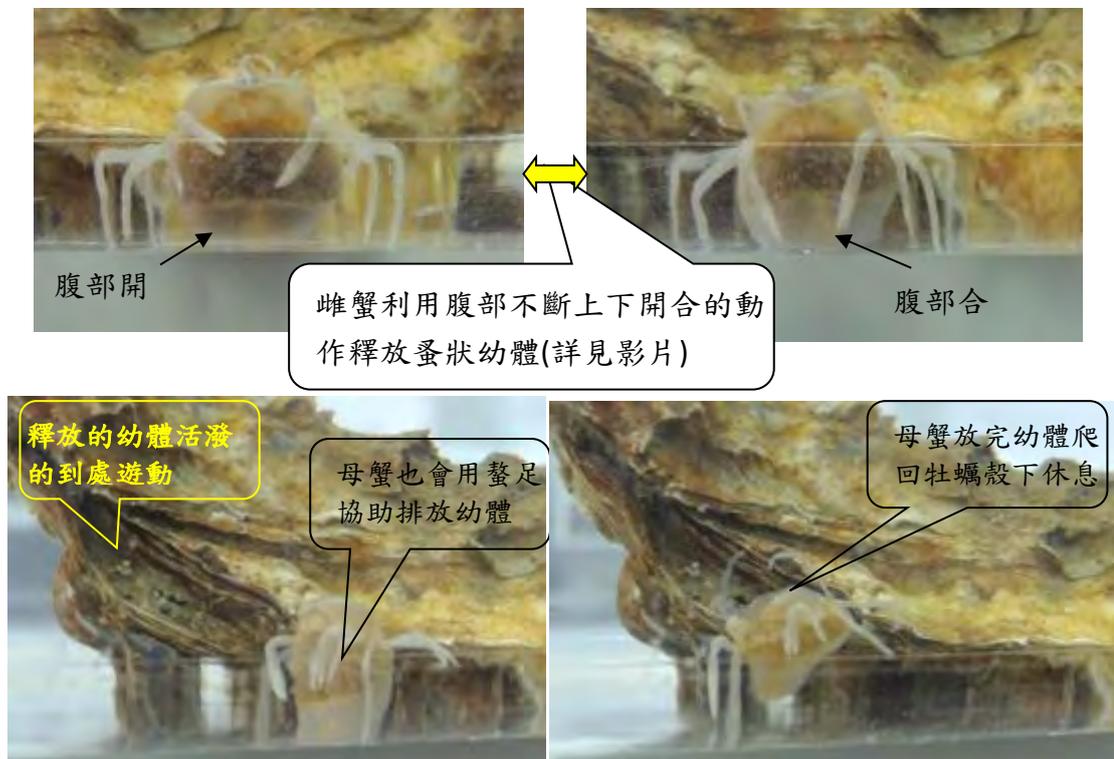


照片11. 雄豆蟹躲進雌蟹腹部



照片12. 豆蟹有互相交纏的行為

(二)抱卵雌蟹排放蚤狀幼體的過程:



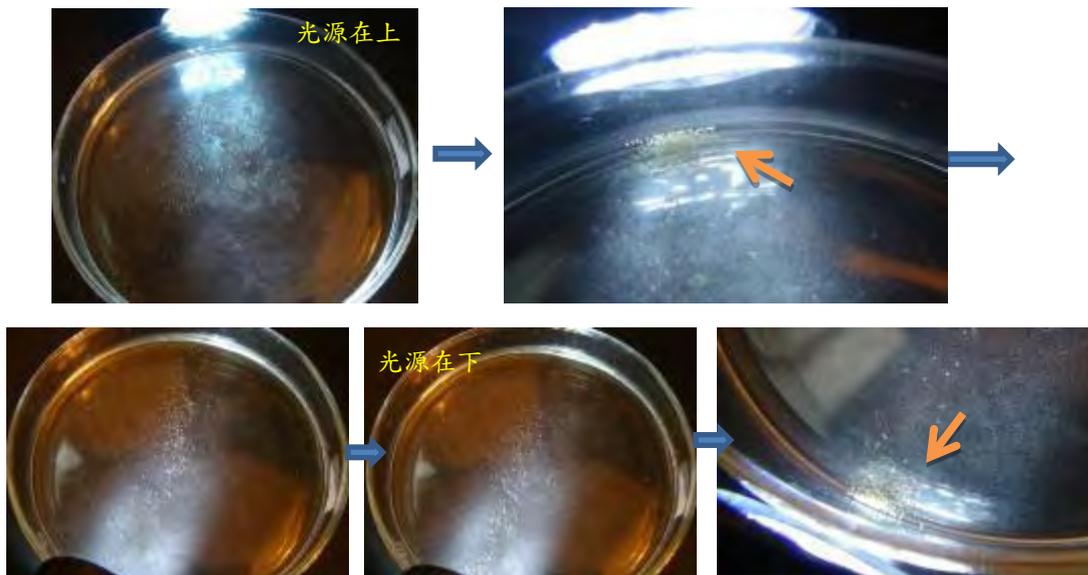
照片13. 雌豆蟹排放幼體的過程

- **觀察結果:**

豆蟹於腹部分泌黏液將受精卵附著於黏液上直到發育成蚤狀幼體，待蚤狀幼體成熟時，母體會將腹部蓋打開再閉合以產生水流幫助附著於黏液上的蚤狀幼體脫離母體，其腹部開合的頻率由開始的數分鐘一次逐漸增加至每分鐘約三十次，幼體排放全程約4小時，至排放後期母蟹也會用螯足協助排放幼體，因水流脫離母體的幼體立即游泳至水面，母豆蟹排完蚤狀幼體後仍存活並沒力竭而亡。

(三)豆蟹的趨光性測試:

1.蚤狀幼體的趨光性測試:



照片14. 豆蟹幼體趨光性實驗結果

- **實驗結果:**

以手電筒的光源在黑暗中測試豆蟹幼體對光照的反應，發現光源在上方時幼體一窩蜂往上游動，將光源移至下方幼體們立刻往下方游動，豆蟹蚤狀幼體展現強烈的正趨光性。

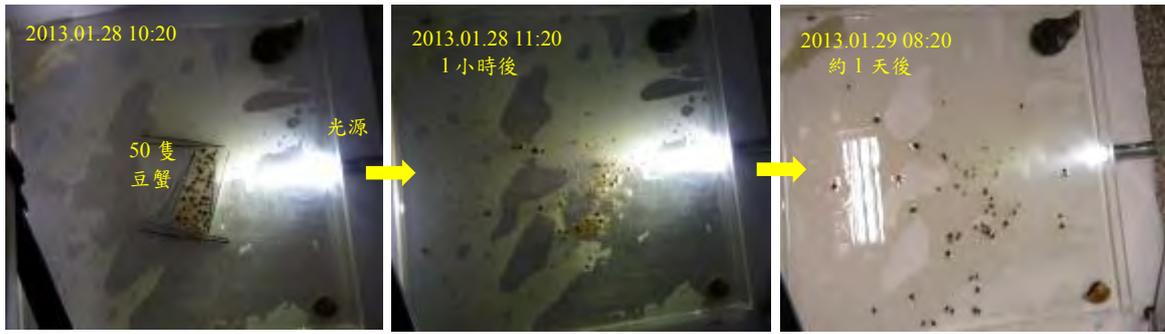
2. 成體趨光性測試:

- **測試過程:**

從實驗中得知蚤狀幼體具有明顯的正趨光性，成體是否也具有正趨光的特性呢?我們將 50 隻豆蟹置於裝有海水 50cmx50cm 的正方形淺盤並置於暗室內(如照片 15)，淺盤的右側以 LED 手電筒照光，將成蟹圍在一起後釋放，一小時、一天後觀察成蟹的位置以探討其是否具有趨光性。



照片15. 成體趨光性實驗裝置



照片16. 成體趨光性測試結果

● **實驗結果:**

經過1小時後觀察豆蟹成體並不會特別往光源處移動,即使在暗室隔一天後觀察,發現成蟹位置分散在淺盤各處,成蟹顯然對光沒有明顯的趨向或背離的行為。

(四)豆蟹的耐鹽性測試:

1.蚤狀幼體的耐鹽性測試結果:

表三 蚤狀幼體耐鹽度試驗實驗結果

26‰	19.5‰	13‰	6.5‰
			
活動力佳 仍具趨光性	活動力佳 仍具趨光性	活動力佳 仍具趨光性	已死亡 不具趨光性

● **實驗結果:**

4小時的試驗結果,除了6.5‰鹽度的海水之外,其它鹽度下的豆蟹幼體都還可以存活仍具正趨光性。結果顯示豆蟹幼體從26~13‰鹽度皆可存活,豆蟹幼體在6.5‰鹽度的海水很快死亡,所以看不見趨淡性。

2.豆蟹成體的耐鹽性測試結果:

表四 耐鹽度試驗豆蟹樣本之體型 (各組3隻樣本,雌雄各15隻)

鹽度	0‰	6.5‰	13‰	19.5‰	26‰
雌蟹頭胸甲寬(cm)	0.89	1.04	0.64	0.74	1.08
	0.84	0.83	0.72	0.75	0.72
	0.48	0.82	0.74	0.75	0.74
雄蟹頭胸甲寬(cm)	0.29	0.32	0.35	0.36	0.32
	0.28	0.34	0.3	0.38	0.25
	0.33	0.31	0.33	0.32	0.36

表五 雌性豆蟹鹽度試驗觀察結果 (各組3隻豆蟹樣本)

鹽度 時間	0‰	6.5‰	13‰	19.5‰	26‰
0 小時	豆蟹在下水後劇烈掙扎後完全不動，僅剩鰓絲在動	1 隻腹部朝上不動剩鰓絲在動，其餘活動力差	1 隻腹部朝上不動，剩鰓絲在動	正常	正常
4 小時	全部死亡，腹甲皆打開	3 隻腹部朝上，且活動力皆差	全部活動力差，大多靜止不動	其中 1 隻較另外 2 隻活動力明顯降低，與 0 小時比活動較差	正常
12 小時		2 隻疊再一起，一隻腹部朝上，活動力差	1 隻腹部朝上不動，2 隻活動力差	活動力差，2 隻相疊再一起一直動	正常
24 小時		3 隻活動力皆差，靜止不動	1 隻死亡，其他靜止不動	正常	正常

表六 雄性豆蟹鹽度試驗觀察結果 (各組3隻豆蟹樣本)

鹽度 時間	0‰	6.5‰	13‰	19.5‰	26‰
0 小時	5 分鐘後 2 隻腹部朝上，1 隻腹部朝上抽搐	5 分鐘後 2 隻腹部朝上	1 隻活動變慢，2 隻靜止不動	爬行變緩慢，顫抖後 1 隻腹部朝上	剛開始會行走，2 分鐘後靜止不動
4 小時	3 隻死亡	3 隻死亡	活力差，2 隻腹部朝上	3 隻糾纏在一起活動力較 0 小時差	靜止不動
12 小時			三隻糾纏在一起，靜止不動	正常	正常
24 小時			活動力差	1 隻死亡，1 隻腹部朝上	1 隻死亡，其餘 2 隻正常

● 實驗結果:

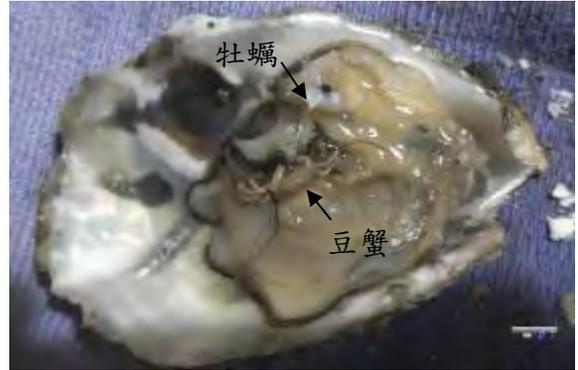
1. 在鹽度 31‰ 馴養二週的豆蟹成蟹，經試驗結果顯示成蟹耐鹽度比幼體更窄，在鹽度低於 13‰ 即可發現行動力明顯變差，且雄蟹比雌蟹的鹽度耐受力更差；當豆蟹處於淡水環境，在 4 小時內就會死亡。
2. 24 小時後鹽度低於 6.5‰ 的組別雄蟹死亡，雌蟹活動力差靜止不動。

【研究五】牡蠣與豆蟹寄生關係之探討

一、牡蠣與豆蟹共棲行為觀察：

由於在剝開牡蠣殼後常可見到豆蟹寄生其中，為了進一步探討此兩種生物是如何依附相關，於是我們把牡蠣與豆蟹一起飼養，並觀察到以下現象：

1. 豆蟹躲在牡蠣殼下休息：



照片17. 剝開牡蠣豆蟹寄生其中

2. 豆蟹經常靠近牡蠣殼口附近，牡蠣若受豆蟹靠近則會快速緊閉殼，豆蟹則被噴出水流沖走(詳見影片)。

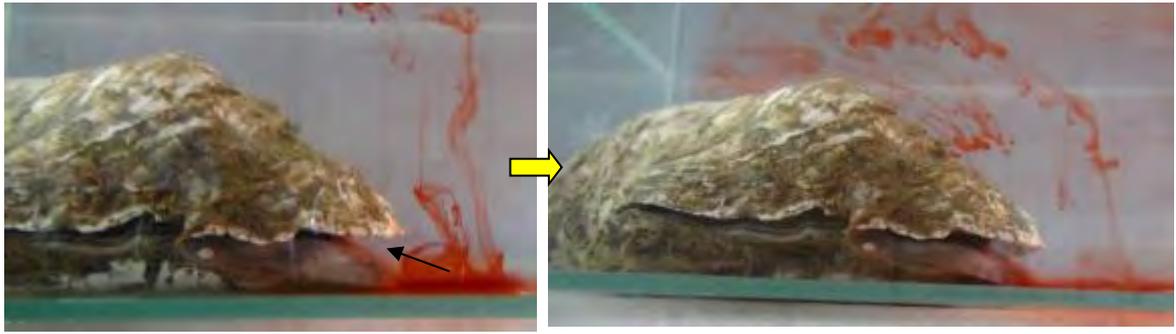


照片18. 豆蟹在牡蠣殼下休息或在殼口附近徘徊

3. 牡蠣的殼口打開時可見到具纖毛的外套膜，以紅色食用色素觀察水流的移動，推測這些纖毛可協助水流緩緩地流入牡蠣體內：



照片19. 牡蠣殼口附近外套膜上有纖毛



照片20. 以食用色素觀察水流流入牡蠣體內的情形

二、牡蠣被豆蟹寄生率調查:

由於在室內燒杯及水族缸的蓄養實驗，均無法觀察到豆蟹進出牡蠣活體殼內寄生的情形，於是我們進行野外調查以推論牡蠣與豆蟹關係。實驗分別於 2012 年 12 月及 2013 年 1 月從嘉義縣布袋進行牡蠣採樣，以下是實驗數據:

表七、2012 年 12 月嘉義布袋牡蠣被豆蟹寄生情形調查結果

牡蠣 樣本數		受豆蟹 寄生數 (顆)	寄生率 (%)	被 1 隻豆 蟹寄生 之牡蠣 數(顆)	被 2 隻豆 蟹寄生 之牡蠣 數(顆)	被 3 隻豆 蟹寄生 之牡蠣 數(顆)	宿主牡 蠣最小 左殼長 (cm)	豆蟹最 小甲殼 寬(cm)
雌	965	112	11.6	38	17	2	3.67	0.39
雄				40	13	2	3.16	0.32
合計(平均)	965	112	11.6	78	30	4	(3.42)	(0.36)

註：豆蟹最小抱卵甲殼寬 0.52cm

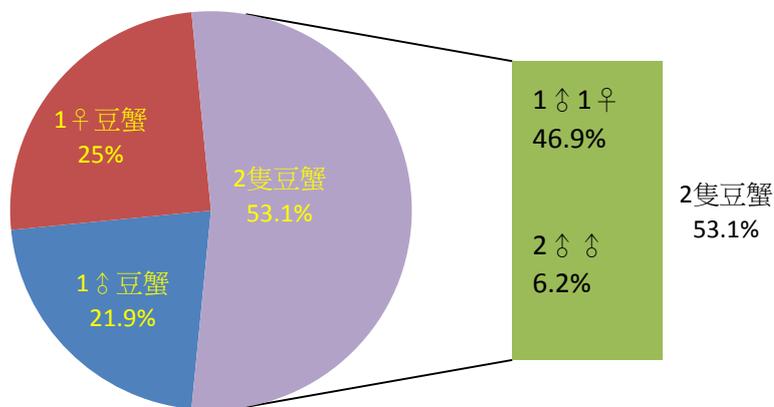
表八、2013 年 1 月嘉義布袋牡蠣與豆蟹寄生情形調查結果

牡蠣 樣本數		受豆蟹 寄生數 (顆)	寄生率 (%)	被 1 隻豆 蟹寄生之 牡蠣數 (顆)	被 2 隻豆 蟹寄生之 牡蠣數 (顆)	宿主牡 蠣最小 左殼長 (cm)	豆蟹最 小甲殼 寬 (cm)
雌	185	20	10.8	11	9	3.99	0.42
雄	115	12	10.4	4	8	5.387	0.32
合計(平均)	300	32	10.7	15	17	(4.69)	(0.37)

註：豆蟹最小抱卵甲殼寬 0.78cm

表九 寄生豆蟹的雄雌數量統計

被豆蟹感染之牡蠣樣本數	被1隻豆蟹感染牡蠣數 (比率)		被2隻豆蟹感染牡蠣數 (比率)		
32	15 (46.9%)		17 (53.1%)		
	1 ♂ 豆蟹	1 ♀ 豆蟹	1 ♂ 1 ♀ 豆蟹	2 ♂ ♂ 豆蟹	2 ♀ ♀ 豆蟹
	7	8	15	2	0
	21.9%	25%	46.9%	6.2%	0%



圖六 寄生牡蠣體內之豆蟹雌雄比率分析圖

● 結果討論:

- 2012年12月共取得965顆牡蠣樣本(表七)，經剖殼發現有112顆有牡蠣寄生，寄生率為11.6%，2013年1月共取牡蠣樣本300顆(表八)，其中有32顆受豆蟹寄生，寄生率為10.7%。
- 雌雄牡蠣被豆蟹寄生的比率相當(表七、八)。於2012年12月採集的樣本，有感染豆蟹的牡蠣中，寄生1隻或2隻或3隻豆蟹的比率分別約為69.6%、26.8%、3.6%。於2013年1月採集的樣本，有感染豆蟹的牡蠣中，寄生1隻或2隻豆蟹的比率分別約為47%、53%，顯見豆蟹寄生的情形1-2隻為多。
- 分析2013年1月採集的樣本，發現若有2隻豆蟹寄生以1雄1雌寄生於同一牡蠣的比率較高佔46.9%，也有2隻雄蟹的情形，但並未發現有2雌蟹的狀況，可能和雌蟹體型較大有關。若牡蠣體內僅1隻豆蟹，則寄生豆蟹雌雄比率差異不大(表九、圖六)。
- 有豆蟹寄生的牡蠣，紀錄的最小左殼長為3.16cm(表七)，在野外此體型於著苗後約45天才能長成；最大為9.54cm但數量不多，以左殼長5~7cm發現豆蟹寄生的比例最高。

5. 牡蠣體內發現的最小豆蟹甲殼寬，雄蟹約 0.32cm，雌蟹略大，約 0.39cm，此種體型的稚蟹是由浮游生活的大眼幼體轉為底棲生活的稚蟹體型(表七、八)，對光的正趨性較剛孵出時的蚤狀幼體及隨後的大眼幼體明顯轉弱，才尋求宿主牡蠣躲藏作為蔽所。
6. 在實驗室以豆蟹(甲殼寬約 0.71cm)與牡蠣共養，發現當豆蟹靠近牡蠣開口處，一觸及牡蠣外套膜緣的纖毛，殼立即閉合，閉合產生的水流，便將豆蟹沖離，由此可知，體型稍大的豆蟹要進入牡蠣殼內難度極高，因此以初行底棲生活的極小型稚蟹可能性較高，而稚蟹若選擇左殼長介於 3~4cm 的牡蠣作為宿主，則因牡蠣組織發育未達完全，豆蟹進駐牡蠣殼內寄生的機會更形增加。

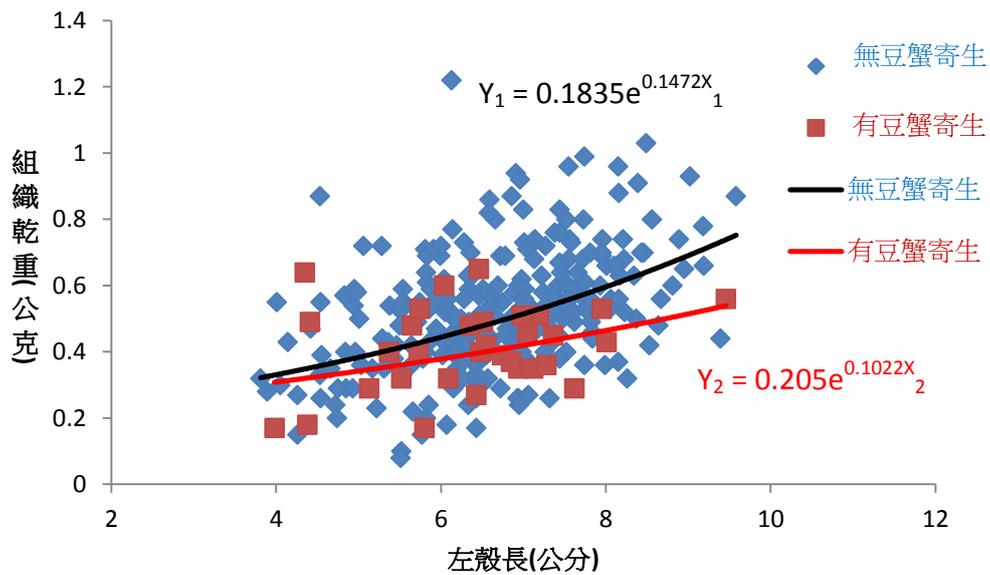
三、豆蟹寄生對牡蠣生長之影響：

表十 豆蟹寄生與牡蠣組織乾重統計數據

牡蠣樣本數	無豆蟹寄生	268 隻	左殼長級距(公分)	0-1	1-2	2-3-	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
			個體數	0	0	0	2	23	44	92	75	27	5
			組織乾重級距(公克)	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	>0.9
			個體數	1	7	21	40	56	69	34	23	8	9
	有豆蟹寄生	32 隻	左殼長級距(公分)	0-1	1-2	2-3-	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
個體數			0	0	0	1	3	7	12	7	1	1	
組織乾重級距(公克)			<0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	>0.9	
個體數			0	3	3	10	8	6	3	0	0	0	

● 附註：

1. 無豆蟹寄生牡蠣左殼長:3.81-9.58 公分；組織乾重:0.08-1.22 公克。
2. 有豆蟹寄生牡蠣左殼長:3.98-9.46 公分；組織乾重:0.17-0.65 公克。
3. 組織乾重是取牡蠣殼內全部軟組織在 80℃烘箱內烘乾 48 小時除去水份後測得之重量。



圖七 有無豆蟹寄生之牡蠣組織乾重比較圖

● 結果討論:

1. 有被豆蟹寄生的牡蠣，在相同的左殼長，其組織乾重較輕，即成長較差，且隨者牡蠣成長，組織乾重的差距增大，有豆蟹寄生的牡蠣成長明顯受到負面影響。
2. 有豆蟹寄生的牡蠣最小左殼長及組織乾重皆大於無豆蟹寄生的牡蠣，但有豆蟹寄生牡蠣最大左殼長及組織乾重則小於無豆蟹寄生牡蠣，表示豆蟹會選擇成長到殼長3公分以上的牡蠣寄生，牡蠣一但被豆蟹寄生，成長就會變得遲緩。

伍、結論：

一、牡蠣的飼養和生活史觀察：

1. 雌雄牡蠣在外殼上的總重量和長寬比並無顯著差異；但其精子和卵的外型與大小則明顯不同，梨形卵子較精子大許多，且具有鞭毛的精子顯然比沒有鞭毛無法活動的卵具有旺盛的活動力。
2. 牡蠣受精成功後，可在二十四小時內經由卵裂發育為具有纖毛的擔輪子幼體，並再進一步變態為能伸出肉足與分泌黏液的 D 型幼體，以沾黏水中微小顆粒分子，進行初步攝食行為。
3. 洗卵的過程並不影響牡蠣卵的受精率，但卻可大幅增加牡蠣受精卵的孵化率，洗卵可將牡蠣受精卵孵化率提高為未洗卵時的 6 倍，其中又以 4 次的洗卵對於孵化率的增加最為顯著。
4. 牡蠣外套膜上擺動的纖毛具有協助殼外水流緩緩注入體內的作用，以此方式來協助牡蠣進行水中藻類的攝食，同時豆蟹的幼體和稚蟹或許可藉由水流的注入進入牡蠣中寄生。

二、豆蟹的生活史和行為觀察

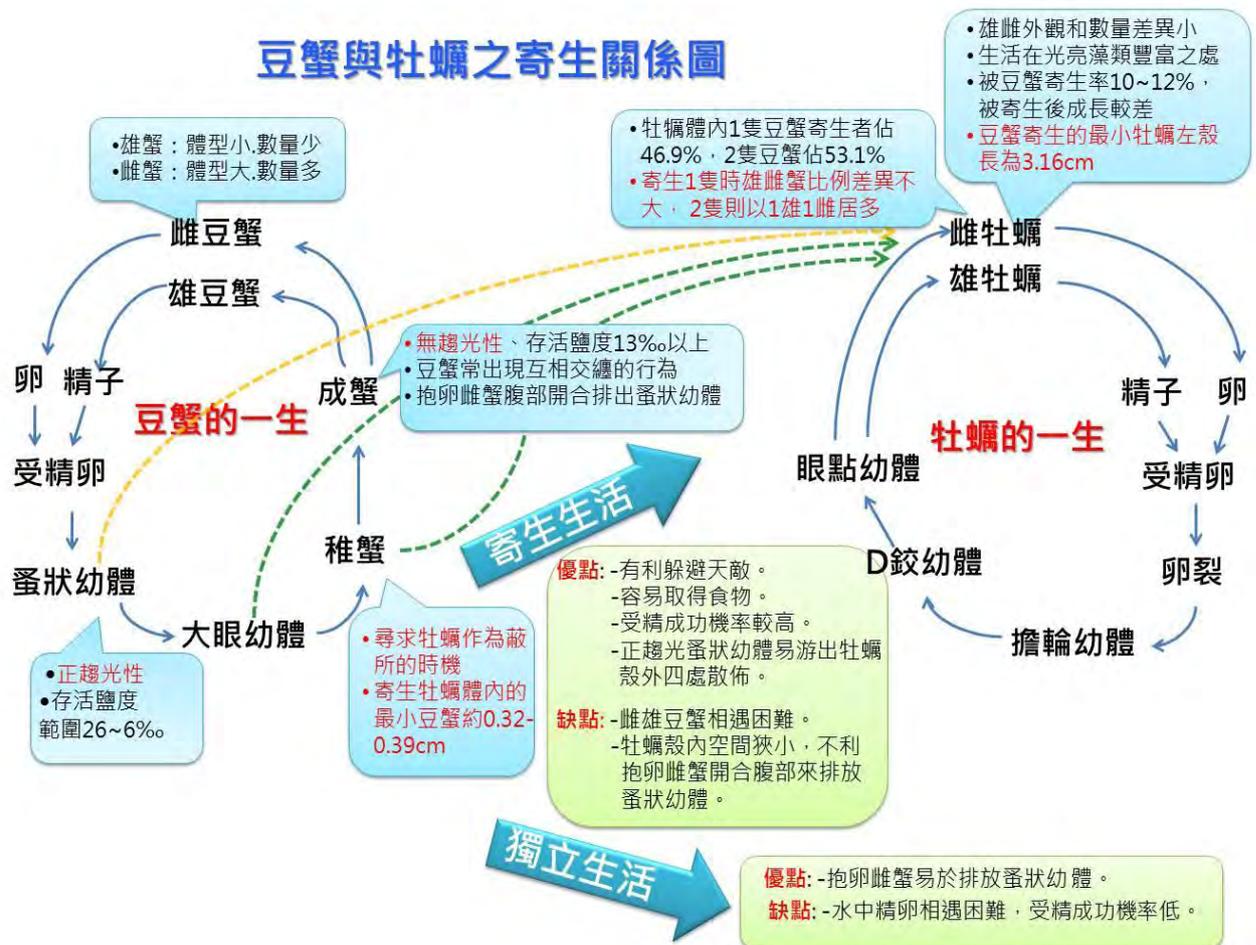
1. 雌雄豆蟹的外觀與型態有著明顯差異，雌豆蟹體型較雄豆蟹大了約 3 倍，雌豆蟹體色偏黃橙色且腹部寬大，雄豆蟹體色透明帶有黑色斑點且腹部狹長。
2. 雌豆蟹常出現互相交纏的行為，而雄豆蟹則也會爬至雌豆蟹背甲後方或是躲藏入雌蟹的腹部內側。
3. 抱卵雌豆蟹藉由腹部開合產生的水流來幫助蚤狀幼體順利排放至水中，脫離母體後的蚤狀幼體具有明顯的正趨光性，豆蟹成體對光則不具趨性。

三、豆蟹與牡蠣寄生關係之探討

1. 游走於牡蠣外的豆蟹經常躲藏依附於牡蠣殼外，但當豆蟹碰觸到牡蠣殼口時，牡蠣則會迅速緊閉雙殼，不得其入的豆蟹則被噴出的水流給沖離牡蠣。
2. 經調查 1265 顆牡蠣樣本後發現，雌雄牡蠣被豆蟹寄生的比率沒有顯著差異，約為 10~11%，有豆蟹寄生的牡蠣，最小左殼長為 3.16cm，最大為 9.54cm。
3. 寄生牡蠣體內的最小豆蟹甲殼寬，雄蟹約 0.32cm，雌蟹約 0.39cm，此種體型的稚蟹對光的正趨性明顯轉弱，此時恰為尋求宿主牡蠣躲藏作為蔽所的時機。
4. 寄生牡蠣的豆蟹數 1-2 隻居多，1 隻豆蟹寄生的雄雌比例差異不大，2 隻豆蟹則以 1 雄 1 雌居多，可能因雌蟹體型大並沒有 2 隻雌蟹寄生同一牡蠣的情形。
5. 豆蟹會選擇成長到約 3cm 以上的牡蠣寄生，牡蠣一但被豆蟹寄生，成長就會變得遲緩。

陸、心得與展望

本研究利用人工授精、洗卵等步驟，順利飼養和觀察到牡蠣及豆蟹的部分生活史，並經由飼養過程觀察與發現豆蟹幼體及成體的趨光性和耐鹽性，雖未能直接觀察到豆蟹是如何進入牡蠣體內，但是透過豆蟹和牡蠣共同飼養我們發現成蟹無法進出活牡蠣體內，但抱卵雌蟹在牡蠣外能獨立生活並排放蚤狀幼體，釋出的耐鹽性較廣且具強烈趨光性的浮游性蚤狀幼體，可藉此特性游向藻類豐富且光亮處攝食，並有機會接近且生活在牡蠣附近成長至趨光性轉弱的大眼幼體或稚蟹，藉著牡蠣濾食時的水流進入牡蠣體內獲得保護和更充裕的食物，我們將我們的研究發現和推論整理如下圖：



透過這次的科展研究，生物課本中所提到的生物間的交互作用活生生地在我們眼前上演，我們雖解答了某些問題但其中還有些有趣的問題值得繼續探究，例如：住在牡蠣體內的豆蟹如何和雄蟹相遇？是雄蟹主動鑽進牡蠣尋找雌蟹？還是在牡蠣內隨機發育的結果？雌蟹在牡蠣狹窄的體內是否還會有上下開合腹甲釋出幼體的行為？如何防止豆蟹寄生牡蠣影響牡蠣的生長？這些有趣的問題都值得繼續探究下去。

柒、參考資料：

一、網路：

1. 水試所電子報 (2009.1.22) <http://www.tfrin.gov.tw/friweb/frienews/enews0033/t2.html>
2. The museum of *curiosities*.2010.9.28
3. *Fabia subquadrata*(Dana,1851)
<http://www.wallawalla.edu/academics/departments/biology>

二、期刊：

1. Cranfield,H.J.(1973).A study of the morphology,ultrastructure,andhistochemistry of the foot of the pediveliger of *Ostreaedulis*.Marine Biology22,187-202.
2. Cranfield,H.J.(1973). Observation on the behavior of the pediveliger of *Ostreaedulis* during attachment and cementing. Marine Biology 22, 203-209.
3. Krishna, K.L. , Rao, K.V. (1974). Life-cycle of the Pea Crab, *Pinnotheresvicajii*Chhapgar, infesting the clam, *Paphiamalabarica*. Indian Journal of Marine Sciences 3: 165-172.
4. Liu L. L., Soong, K., Chen, C.P. (1995). Allozyme variation in the Pacific oyster*Crassostreagigas* along the coast of Taiwan. Zoological Studies 34(3): 177-182 (ROC).
5. Mondol, M.R., Kim, C.W., Kim, B.K., Kang, C.K. ,Choi, K.W. (2012). Early growth and reproduction of hatchery-produced Pacific oyster*Crassostreagigas*in Gamakman Bay off the southern coast of Korea. Fish Science 78: 1285-1291.
6. Noble, A. (1974). On the eggs and early larval stages of *Pinnotheresgracilis* Burger and *Pinnotheresmodiolicolus* Burger. Journal Marine Biological Association India 16(1): 175-181.
7. Phelps, H.L. , Warner, K.A. (1990). Estuarine sediment bioassay with oyster pediveliger larvae (*Crassostreagigas*). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 44(2): 197-204.
8. 楊夢南、陳勇志、巫文隆。(1998)。台灣產常牡蠣解剖學研究，貝類學報22:29-34，台大漁業科學研究所，中研院動物研究所。
9. 王宇琦。(2002)。青島、膠南二海區貽貝感染中華豆蟹研究。碩士論文。
10. 王宇琦、孫世春、宋微波。(2002)。中華豆蟹對青島海區貽貝的感染及危害初探。青島海洋大學學報，32(5):720-726。
11. 陳奕蓉。(2008)。台灣產豆蟹科蟹類之分類及親緣關係研究。國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系。碩士論文。140 頁。
12. 何秉岳。第十九章牡蠣受精卵觀察。屏東科技大學熱帶農業暨國際合作系博士班

【評語】 030312

優點：

實驗技術成熟且對牡蠣及豆蟹的實驗觀察詳細，有實際應用價值、可行性。

缺點：

1. 實驗設計要更針對問題設計，例如：鹽分、光線、地理區域對寄生豆蟹的影響。
2. 對特殊現象的觀察，應設計問題及實驗，深入討論有趣的問題，例如：2 隻豆蟹在 1 牡蠣的問題。