

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生物科

080310

從「碟仙」到「梅杜莎」-海月水母碟狀幼體養殖之探討

學校名稱： 宜蘭縣員山鄉七賢國民小學

作者：	指導老師：
小六 李語昀	黃瓊瑤
小六 劉奕倫	王元璋
小六 羅禹厚	
小六 游珞菲	
小六 吳彥青	

關鍵詞： 海月水母、碟狀幼體、環境耐受度

## 摘要

水族館中展示的水母缸，水母們優游自在的漂浮著，極受歡迎。但我們對水母的了解卻甚少，水母是很特別的生物，它有有性世代，和無性世代。當水母交配後，受精卵會孵化成浮浪幼蟲，浮浪幼蟲會固著在介質上形成水螅體，水螅體還會複製分化，當水溫變化超過攝氏 4 度，水螅體開始形成橫列型態，出芽分裂形成碟狀幼體，碟狀幼體再發育成水母體。

我們嘗試養殖海月水母的碟狀幼體（Ephyra）世代，除了瞭解碟狀體轉變成稚水母（Medusa）的變化過程，更嘗試做遮光與不遮光餵食餌料生物豐年蝦與輪蟲。發現遮光飼養輪蟲存活率最高，遮光飼養豐年蝦生長速度最快。此外我們還設計了不同溫度、鹽度與水質實驗，來了解海月水母碟狀體對環境的耐受度。

## 壹、研究動機

水母已存在地球上很久了，是一種很古老的生物，它有獨特的生理構造，沒有心臟、大腦或骨骼，靠著感知環境並移動，它不擅長游泳，卻能隨著洋流分布在各個海域，它是各種掠食性海洋生物的食物，除了部分水母觸手有毒性外，沒其他防禦武器。

海月水母是一種分布廣泛的水母，因其毒性微小，傷害性幾乎為零，且在台灣海域廣泛分布，多數水族館也會以海月水母作為水母缸展示對象，本次研究選擇海月水母作為研究標的。

以海月水母為例，原來它能以多取勝，擁有獨特的生命週期，包含無性繁殖的水螅階段，和有性繁殖的水母體階段，只要環境適合，能在很短的時間以無性繁殖的方式產生大量碟狀幼體。

而碟狀幼體是由固定不能移動的水螅狀態轉化成自由游動生活的水母型態的過渡階段，我們計畫在校園以簡單的器材將海月水母從碟狀幼體養成為水母體階段，再以一連串的實驗來了解海月水母碟狀幼體，包含食性、趨光性、及耐受環境的因子與它的生活史。

## 貳、研究目的

- 一、海月水母生態與生活史探討。
- 二、不同溫度對海月水母碟狀幼體生長影響之探討
- 三、不同鹽度對海月水母碟狀幼體生長影響之探討。
- 四、海月水母碟狀幼體、豐年蝦、輪蟲趨光性探討。
- 五、不同餌料、遮光與否對海月水母碟狀幼體生長情形之探討。
- 六、海月水母碟狀體對水質適應之探討。
- 七、海月水母碟狀體再生能力之探討。

## 參、研究工具與方法

### 一、趨光性實驗

#### （一）研究方法：實驗法

(二) 研究工具：水族缸、黑色瓦楞板、四色 LED 燈、光譜儀 (MK350N Premium)

## 二、餵食不同餌料食性養殖實驗

(一) 研究方法：實驗法

(二) 研究工具：保麗龍箱、加溫棒、過濾海水、500ml 燒杯、打氣泵浦及打氣管、打氣石、氣嘴、豐年蝦孵化器。

## 三、鹽度耐受實驗

(一) 研究方法：實驗法

(二) 研究工具：保麗龍箱、加溫棒、小型水族缸、打氣泵浦及打氣管、打氣石、氣嘴、海水素、磅秤、蒸餾水、量杯、鹽度計

## 四、溫度耐受實驗

(一) 研究方法：實驗法

(二) 研究工具：保麗龍箱、小型加溫棒、過濾海水、小型水族缸、打氣泵浦及打氣管、打氣石、氣嘴、輪蟲

## 五、水質耐受度實驗

(一) 研究方法：實驗法

(二) 研究工具：過濾海水、500ml 燒杯、小型水族缸 1 公升、2 公升、打氣泵浦及打氣石、氣嘴、九合一水質檢測試紙、氨氮檢測試劑

## 六、碟狀體再生能力實驗

(一) 研究方法：實驗法

(二) 研究工具：加溫棒、過濾後之海水、500ml 燒杯、打氣泵浦及空氣連通設備、解剖刀、玻片。

## 七、水母成體養殖實驗：

(一) 研究方法：觀察法

(二) 研究工具：水母缸、豐年蝦

## 八、觀察及記錄工具：生物顯微鏡、電腦、相機、紀錄表

# 肆、研究流程與步驟

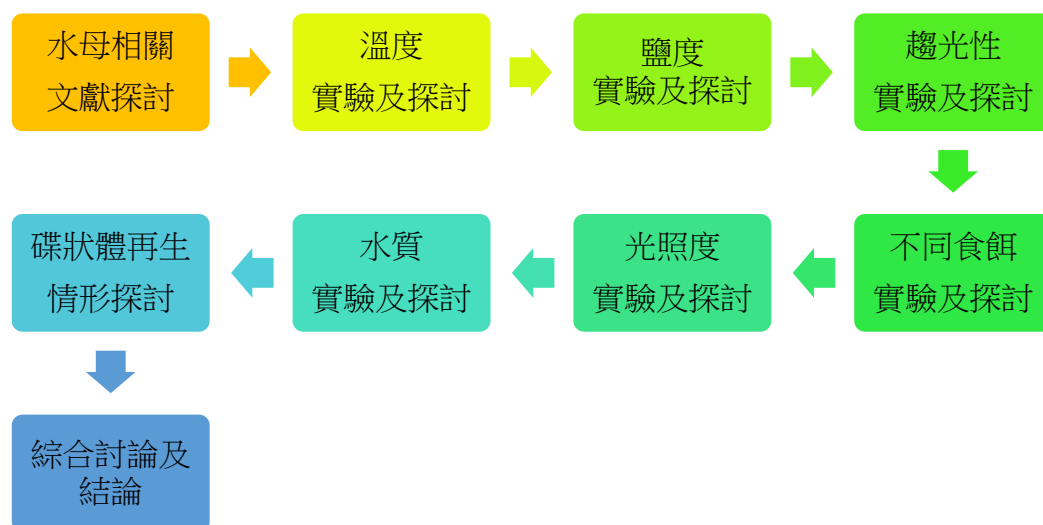


圖 4-1 研究流程圖

## 伍、研究成果

### 一、海月水母及生活史探討

#### (一) 簡介：

海月水母（*Aurelia aurita*）又稱月亮水母或耳狀海月水母，是一種常見的水母，廣泛分布在溫帶與熱帶海域，在近海的海域、潟湖、港灣甚至潮間帶都能發現。它在科學界的分類：

界：動物界 Animalia

門：刺胞動物門 Cnidaria

綱：鉢水母綱 Scyphozoa

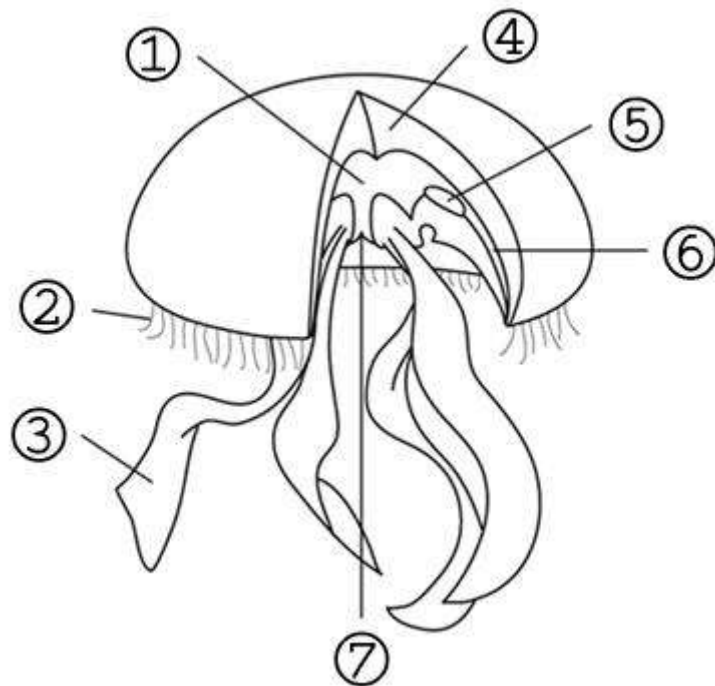
目：旗口水母目 Semaestomeae

科：羊鬚水母科 Ulmaridae

屬：海月水母屬 *Aurelia*

種：海月水母 *A. aurita*

外型特徵：呈圓盤狀、半透明，體色淡藍色或淺粉色。傘狀體邊緣有短而細小的觸手，用於捕捉浮游生物。四條細長發達的口腕，用於捕捉和攝取食物。最具辨識度的特徵是從外觀明顯可見的四個呈現花瓣狀排列的生殖腺，雄性偏白色或淡紫，雌性偏粉紅色。體型直徑在 10-40 公分，環境適宜可達 50 公分以上。



① 胃腔 ②觸手 ③口腕 ④中膠 ⑤生殖腺 ⑥放射管 ⑦口器

圖 5-1-1：海月水母身體系統構造圖

圖片來源：引自維基百科網站海月水母篇

## （二）生殖與生命週期：

1. 受精卵：公的成熟水母產生精子、母的成熟水母產出卵子，進行有性生殖。  
成熟水母聚集在一起時，會將精子、卵子釋放到海水中，成功結合的受精卵會發育成浮浪幼體（planula）
2. 浮浪幼體（Planula）：孵化後會漂浮一陣子，尋找適合的基質附著在堅固的物體表面。
3. 水螅體（Polyp）：浮浪幼體附著後轉變為水螅體，可無性繁殖。
4. 碟狀幼體（Ephyra）：水螅體經出芽分裂，形成碟狀幼體，逐漸發育成水母體。

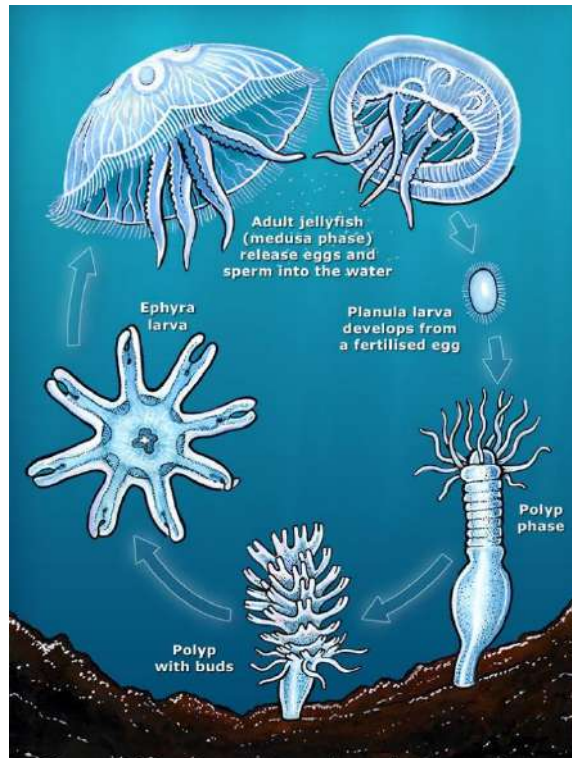


圖 5-1-2：海月水母生活史

圖片來源：引自維基百科網站海月水母篇

## （三）生態與習性：

食性主要以浮游生物、魚卵及微小生物為食，利用觸手及口腕上的刺絲胞捕捉食物。運動方式則靠傘狀體的收縮推動水流來移動，但移動效能不佳，主要依賴海流來漂浮移動。壽命在野外約 6-12 個月，人工飼養則可達到 2-3 年。

## （四）本次實驗養殖之海月水母三個月齡



以觸手捕捉豐年蝦	攝食豐年蝦後胃囊呈現橘色	生殖腺有 2 條、3 條、4 條
----------	--------------	------------------

表 5-1-1：在實驗室飼養的海月水母

(五) 實驗室養殖的水母個體明顯偏小，可能是水母缸不夠大限制其生長。

## 二、不同溫度對海月水母碟狀幼體生長影響之探討

我們經由文獻得知，海月水母能在溫度攝氏 15 度到 30 度的海域中生活，我們想找到養殖碟狀體適合的水溫與碟狀體對海水溫度的耐受度，因此設置五階段的不同水溫環境，來了解碟狀體在不同溫度環境下七日存活率。

### (一) 實驗步驟

1. 取 5 個 1 公升的飼養箱裝入海水 1000ml。
2. 裝設加溫裝置，分別設置室溫、20 °C、25 °C、30 °C、35 °C 五種海水溫度環境。
3. 放入 10 隻碟狀體。
4. 裝打氣馬達、打氣石及聯通管路持續曝氣。
5. 每日餵食輪蟲 1 毫升（約 1000 隻），維持餌料密度每毫升一隻。
6. 每日計算碟狀體存活數量持續七日。

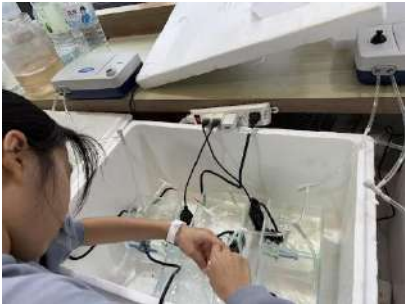


		
組裝實驗設施	五個不同海水溫度的飼養箱	計算碟狀體存活數量

表 5-2-1：不同水溫實驗裝置

### (二) 實驗結果：

#### 1. 碟狀體存活紀錄表：

溫度 日數	室溫	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
第一日	10	10	10	10	10
第二日	10	10	10	8	7
第三日	9	10	10	7	6
第四日	9	7	10	7	5
第五日	9	6	10	6	4
第六日	8	6	10	6	4
第七日	8	6	10	6	4

單位：隻

表 5-2-2 不同溫度碟狀體存活紀錄表

#### 2. 統計圖表：



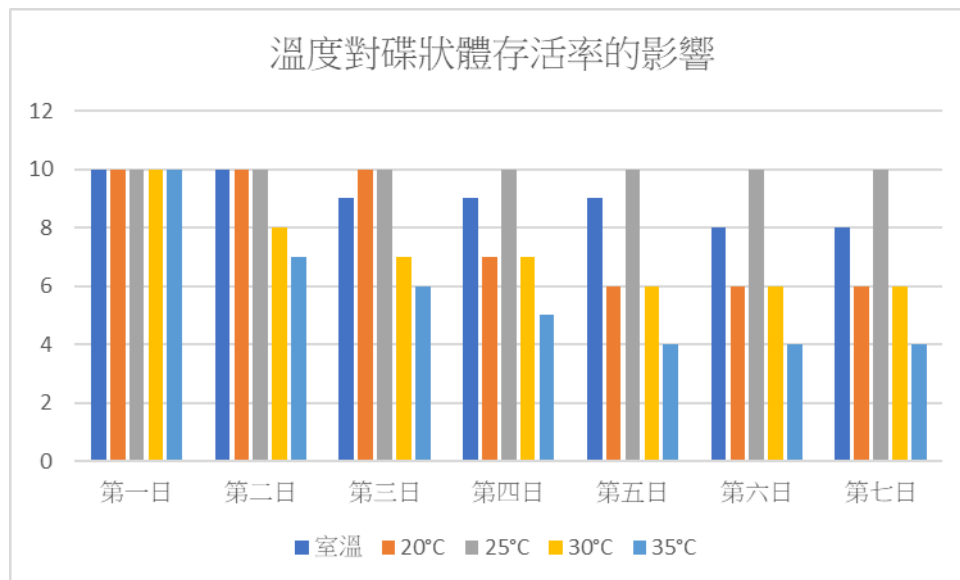


圖 5-2-3 溫度對碟狀體存活率影響統計圖

### (三) 討論：

1. 碟狀體在 25°C 的海水溫度中存活率最高，七日存活率 100%。
2. 碟狀體在 35°C 的海水溫度中存活率最低，七日存活率 40%。
- 3 在室溫的情況下，實驗期間測得水溫在 22-24°C 之間，接近 25°C，存活率也有 80%。
4. 我們的碟狀體來自恆溫控制 25°C 的人工飼養環境，是否因此適應此種溫度，若野外採集對溫度適應性則尚待後續研究探討。
5. 相關研究顯示水溫過低 15°C 以下，水母會進入休眠環境，因實驗設備限制，我們無法做低溫實驗。高溫超過 30°C 時水母會因代謝過量，組織受損或氧氣供應不足而死亡。與我們的實驗結果相符，水母碟狀幼體與水母體，對溫度要求大致相同。
6. 後續實驗我們均採用 25°C 水溫環境進行碟狀體養植實驗。

## 三、不同鹽度對海月水母碟狀幼體生長影響之探討

我們想知道餵養海月水母最佳鹽度，海月水母能在海洋、潟湖、潮間帶生存。對鹽分的耐受性較強，碟狀體對不同鹽度海水是否有不同耐受度，設置了鹽度 15ppt、20ppt、25ppt、30ppt、35ppt、40ppt、45ppt、50ppt 等八種海水濃度，來了解不同的鹽度環境，碟狀體的七日存活率。

### (一) 實驗步驟：

1. 取八個 1000ml 的水族缸。
2. 以海水素調製 15ppt、20ppt、25ppt、30ppt、35ppt、40ppt、45ppt、50ppt 等八種海水濃度各取 1000ml 置入飼養箱中遮光飼養。
3. 飼養箱放置於保麗龍箱中，置入 10cm 高度淡水，放入加溫裝置，隔水加溫控制在 25°C。
4. 放入 10 隻海月水母碟狀體。
5. 裝置馬達、打氣石、管路，持續曝氣。
6. 每日餵食輪蟲 1 毫升（約 1000 隻），控制飼養箱餌料密度每毫升 1 隻。
7. 每日計算碟狀體存活數量，持續七日。

		
計算鹽度及比重	調製不同鹽度海水	以不同鹽度海水 養殖水母碟狀體

表 5-3-1 不同鹽度對碟狀幼體生長影響統計圖

## (二) 實驗結果

### 1. 水母碟狀體存活紀錄表：

鹽度 日數	15ppt	20ppt	25ppt	30ppt	35ppt	40ppt	45ppt	50ppt
第一日	10	10	10	10	10	10	10	10
第二日	6	7	10	10	9	10	5	0
第三日	5	5	10	10	9	6	0	0
第四日	3	3	10	10	9	6	0	0
第五日	1	2	9	9	8	6	0	0
第六日	0	0	6	9	8	0	0	0
第七日	0	0	4	9	8	0	0	0

表 5-3-2 鹽度對碟狀體的存活紀錄表

### 2. 統計圖表：

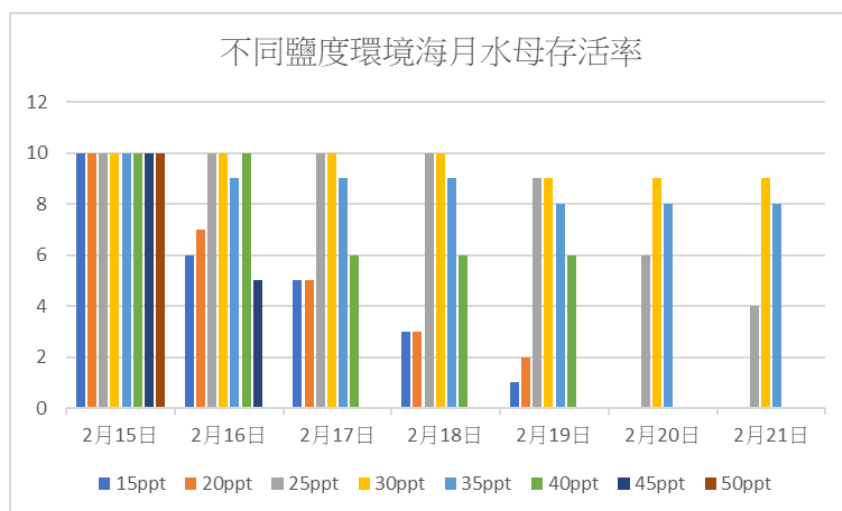


圖 5-3-3 鹽度對碟狀體存活率影響統計圖

## (三) 討論：

1. 以 30ppt 與 35ppt 鹽度海水存活率最高，因鹽度接近原本使用之海水鹽度 33ppt。
2. 鹽度過低會導致水分進入水母體內，實驗顯示鹽度 25ppt 以下，死亡率漸增。



- 3.40ppt 以上水母碟狀體死亡率增加，超過 45ppt 則碟狀體幾乎無法存活，查閱文獻水母在鹽度超過 35ppt 的環境，代謝會加快，鹽度超過 38ppt 則會導致脫水、觸手縮短、游動困難而死亡。碟狀體個體微小，難從外觀上觀察差異，但鹽度越高死亡率越高，與水母相關研究相符。
- 4.對水母碟狀幼體而言，實驗顯示鹽度在 25ppt 到 35ppt 之間均能存活，七日存活率在 80%以上。
- 5.本實驗後續實驗使用過濾海水，鹽度約為 34ppt。

#### 四、海月水母碟狀體、豐年蝦、輪蟲趨光性探討

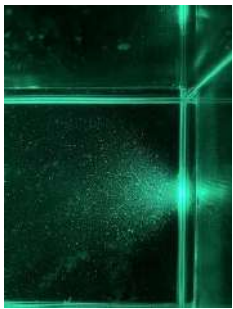
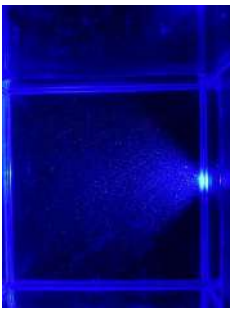
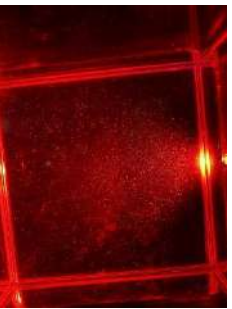
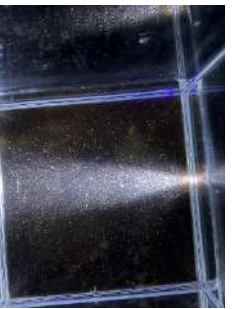
我們參訪水母實驗室，看到研究員餵養水母時，會以燈光照射豐年蝦，而豐年蝦隨著燈光聚集，這時吸取到的豐年蝦濃度就會變高。海洋生物大都會有趨光性，本次研究會以海洋輪蟲、豐年蝦餵養海月水母碟狀幼體，因此需要了解這三種生物的趨光行為。

##### （一）實驗步驟

- 1.取長、寬、高各 20cm 的水族缸。
- 2.四周以黑色瓦楞板包圍。
- 3.實驗室製造黑暗環境。
- 4.在瓦楞板一側底部鑽直徑 1cm 小洞。
- 5.分別放入豐年蝦、輪蟲、及水母碟狀體在全黑的環境下靜置 5 分鐘，使其適應黑暗環境。
- 6.分別以白色、藍色、綠色、紅色 LED 燈從黑色瓦楞板圓洞照射，並測得光譜，藍光為 457nm、綠光為 515nm、白光為 450nm、紅光為 632nm。
- 7.光照 5 分鐘後觀察豐年蝦、輪蟲及碟狀體在距離光源不同距離的分布情形差異。
- 8.距光源 1cm、5cm、10cm 處採集 0.5 毫升的豐年蝦、輪蟲、水母碟狀體，滴一滴（約 0.1 毫升）在培養皿上計算數量。

##### （二）實驗結果：

##### 1.趨光性情形：

色燈 生物	綠色 LED 燈	藍色 LED 燈	紅色 LED 燈	白色 LED 燈
海月 水母碟 狀幼體				

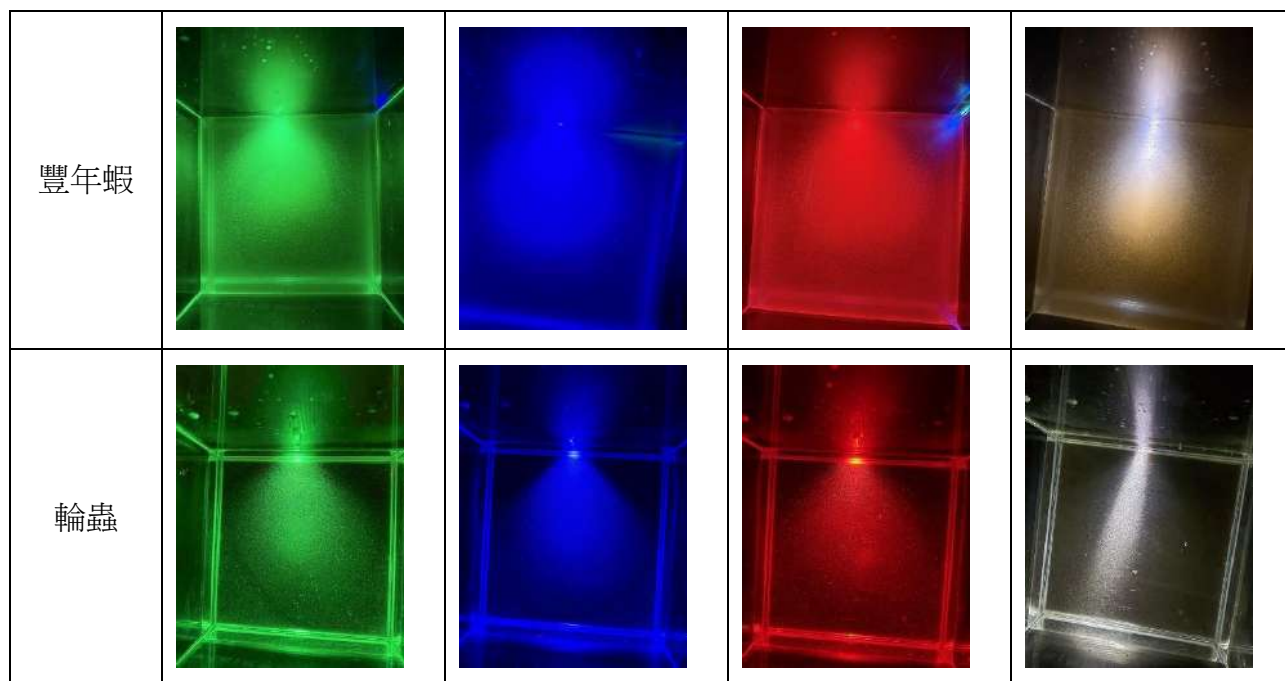


表 5-4-1 在不同色光下碟狀體、豐年蝦、輪蟲趨光行為實驗照片

## 2.不同光源距離採集情形：

### (1) 水母碟狀體：

光源 距離	綠光	藍光	紅光	白光
距光源 1cm	3	3	3	3
距光源 5cm	4	3	2	3
距光源 10cm	3	3	3	3

單位：隻

表 5-4-2 碟狀體聚集數量表

### (2) 豐年蝦：

光源 距離	綠光	藍光	紅光	白光
距光源 1cm	68	65	55	71
距光源 5cm	22	31	27	36
距光源 10cm	4	5	2	5

單位：隻

表 5-4-3 豐年蝦聚集數量表

### (3) 輪蟲

光源 距離	綠光	藍光	紅光	白光
距光源 1cm	102	98	66	89
距光源 5cm	37	45	53	46
距光源 10cm	11	17	13	22

單位：隻

表 5-4-4 輪蟲聚集數量表

(三) 討論：




- 1.海月水母碟狀體無論是在紅色、綠色、藍色或白色 LED 燈照射下，都沒有明顯趨光性，在光線照射下只有在沉底的狀態下微微的向上離開水底，推測可能是自主游泳能力差的關係導致。
- 2.輪蟲及豐年蝦會明顯地向光源聚集。離光源越近，聚集的密度越高。離光源越遠，聚集密度越低。顯現輪蟲及豐年蝦都有正趨光性。但在紅光照射下採集的數量較少，不知是否海洋生物對波長較長的紅光較不敏感，尚須探討。

### 五、不同餌料與遮光與否對海月水母碟狀幼體生長情形之探討

在前一個實驗我們了解水母碟狀體趨光性不明顯，而其食物輪蟲及豐年蝦有正趨光性，在這種情形下，是否會影響碟狀體捕食及生長情形，我們採用了二種餌料、輪蟲與豐年蝦，與二種環境、遮光與不遮光來餵養碟狀體。將碟狀體養到稚水母型態，觀察其存活率及生長情形。

(一) 實驗步驟：

- 1.取 20 個 500ml 燒杯裝入過濾海水。
- 2.每個燒杯放入 10 隻碟狀體。
- 3.裝打氣泵浦打氣石及打氣管連接每一個燒杯持續曝氣。
- 4.第一組為不遮光組，五個燒杯餵食 0.5 毫升輪蟲（約 500 隻保持密度每毫升 1 隻），5 個燒杯餵食 0.5 毫升豐年蝦（約 500 隻保持密度每毫升 1 隻），放置於保麗龍箱內，箱內放入 10 公分高度淡水，以加溫棒隔水加溫控溫在 25 °C。不遮光養殖。
- 5.第二組為遮光組，五個燒杯餵食 0.5 毫升輪蟲（約 500 隻保持密度每毫升 1 隻），5 個燒杯餵食 0.5 毫升豐年蝦（約 500 隻保持密度每毫升 1 隻），放置於保麗龍箱內，箱內放入 10 公分高度淡水，以加溫棒隔水加溫控溫在 25 °C。蓋上蓋子，遮光養殖。
- 6.每日計算碟狀體存活數量及隨機取一隻碟狀體以生物顯微鏡觀察量測大小，顯微鏡觀察 5 秒鐘，並連續拍攝 10 張照片，取碟狀體舒張到最大的一張照片列入實驗數據。
- 7.每 3 天換水一次。
- 8.將水母從碟狀體養到稚水母狀態。

		
實驗裝置設置	實驗裝置設置	餵養餌料

		
豐年蝦及輪蟲	觀察碟狀體存活率	以顯微鏡觀察

表 5-5-1 實驗步驟及實驗裝置配置片

## (二) 實驗結果：

### 1. 水母存活率

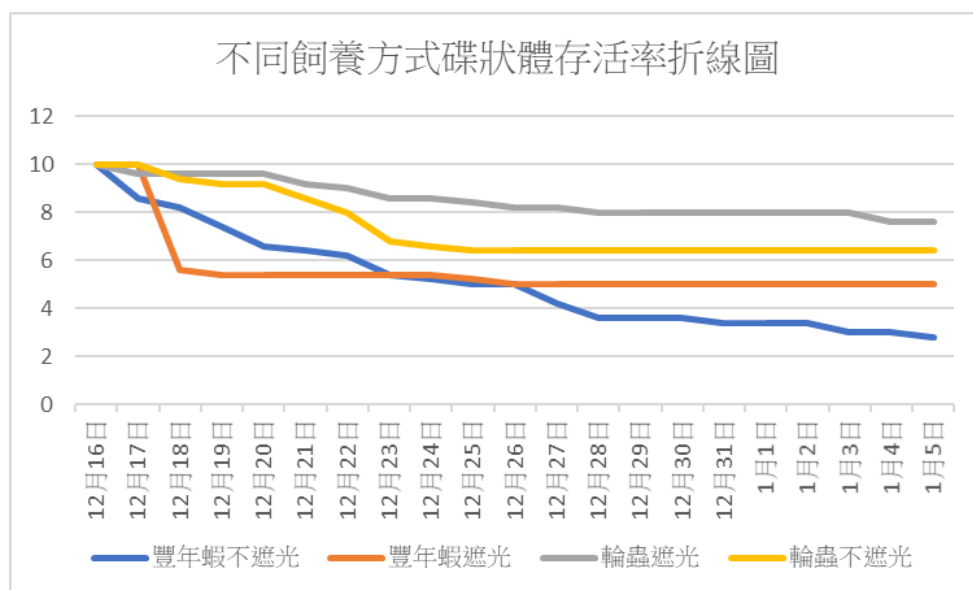
我們將實驗分成二組四種變項，不遮光餵食豐年蝦、遮光餵食豐年蝦、不遮光餵食輪蟲、每組設置五個實驗裝置，持續養殖 21 天（21 日為最後一隻碟狀體轉換為稚水母的天數），每日計算存活數量。

(1) 實驗記錄：以下紀錄表為每組五個實驗裝置的平均存活率

飼養方式 日期	不遮光 餵食豐年蝦	遮光 餵食豐年蝦	不遮光 餵食輪蟲	遮光 餵食輪蟲
12 月 16 日	10	10	10	10
12 月 17 日	8.6	10	10	9.6
12 月 18 日	8.2	5.6	9.4	9.6
12 月 19 日	7.4	5.4	9.2	9.6
12 月 20 日	6.6	5.4	9.2	9.6
12 月 21 日	6.4	5.4	8.6	9.2
12 月 22 日	6.2	5.4	8	9
12 月 23 日	5.4	5.4	6.8	8.6
12 月 24 日	5.2	5.4	6.6	8.6
12 月 25 日	5	5.2	6.4	8.4
12 月 26 日	5	5	6.4	8.2
12 月 27 日	4.2	5	6.4	8.2
12 月 28 日	3.6	5	6.4	8
12 月 29 日	3.6	5	6.4	8
12 月 30 日	3.6	5	6.4	8
12 月 31 日	3.4	5	6.4	8
1 月 1 日	3.4	5	6.4	8
1 月 2 日	3.4	5	6.4	8
1 月 3 日	3	5	6.4	8
1 月 4 日	3	5	6.4	7.6
1 月 5 日	2.8	5	6.4	7.6

5-5-2 不同生長情形之碟狀體存活率統計表

(2) 統計圖表：



5-5-3 不同生長情形之碟狀體存活率統計圖

## 2. 水母生長情形：

我們在飼養水母碟狀體的歷程中，除了每日計算存活數量外，每日再從每一實驗裝置隨機選擇一隻碟狀體，以生物顯微鏡測量其大小與拍攝照片記錄其生長情形。

拍攝方式，將碟狀體放置於玻片，滴一滴海水，五秒內連續拍攝 10 張照片，選擇觸手伸縮時，舒張到最大的一張列為實驗記錄。

(1) 水母大小紀錄表：

飼養方式 日期	不遮光 餵食豐年蝦	遮光 餵食豐年蝦	不遮光 餵食輪蟲	遮光 餵食輪蟲
12月16日	1.39	1.22	1.19	1.21
12月17日	1.39	1.5	1.22	1.39
12月18日	1.69	1.87	1.28	1.66
12月19日	1.91	2.48	1.32	1.82
12月20日	2.02	2.95	1.6	2.19
12月21日	2.22	3.41	2.09	2.48
12月22日	2.6	3.7	2.36	2.74
12月23日	2.84	4.08	2.54	3.08
12月24日	2.96	4.25	2.78	3.27
12月25日	3.09	4.63	3.04	3.51
12月26日	3.4	5.92	3.33	3.75
12月27日	3.78	7.08	3.59	4.1
12月28日	4.18	8.16	3.8	4.52
12月29日	4.51	8.44	3.96	4.79



12月30日	5.09	8.42	4.15	5.23
12月31日	5.38	7.99	4.35	5.68
1月1日	5.96	7.98	4.52	6.3
1月2日	6.16	7.7	4.87	6.7
1月3日	6.59	7.86	5.19	6.42
1月4日	6.9	8.09	5.49	6.14
1月5日	7.15	7.93	5.77	6.22

單位：mm

表 5-5-4 不同生長情形之大小紀錄表

(2) 折線圖：

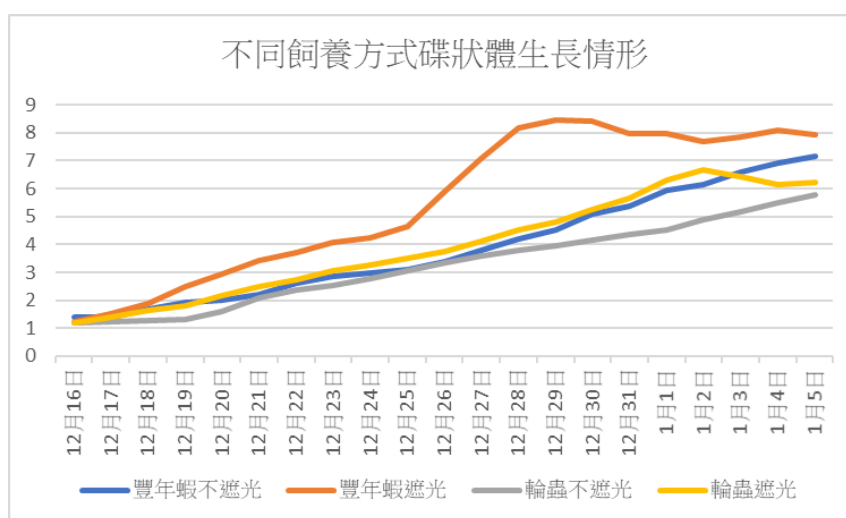


圖 5-5-5 不同生長情形之大小統計圖

3. 碟狀體養成為稚水母天數：

本實驗主要是要將水母碟狀體養殖成稚水母，因此我們也記錄了四種實驗裝置養成為稚水母的日數，以下記錄每一實驗裝置第一隻與最後一隻養成稚水母的日數。

(1) 實驗記錄：

飼養方式 日期	不遮光 餵食豐年蝦	遮光 餵食豐年蝦	不遮光 餵食輪蟲	遮光 餵食輪蟲
第一隻養成稚水母天數	18	17	20	18
最後一隻養成稚水母天數	20	19	21	20

表 5-5-6 不同生長情形長為稚水母天數統計表

(2) 統計圖表：



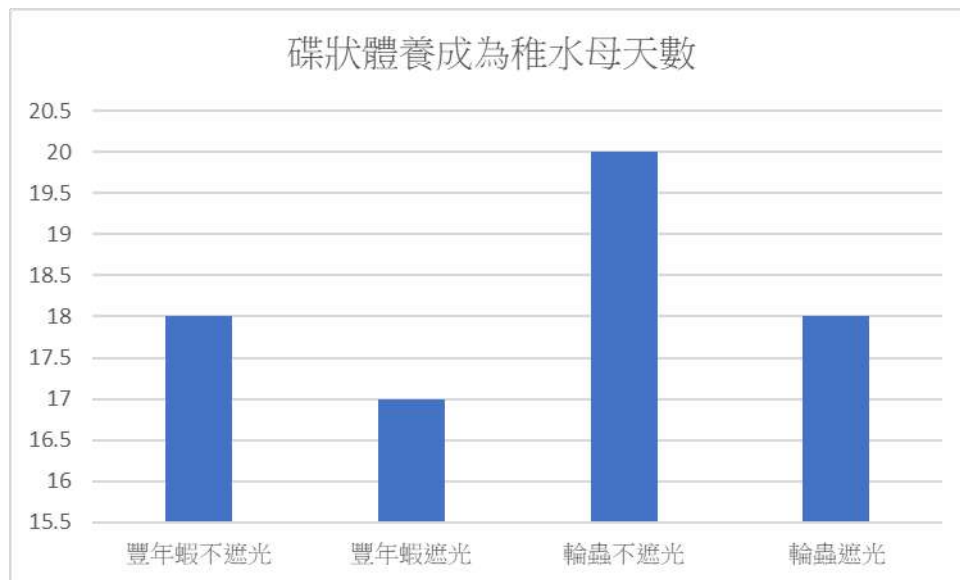


圖 5-5-7 不同生長情形長為稚水母天數統計圖

### (三) 討論：

1. 四種實驗設計，每種實驗設計有五組實驗裝置，實驗後顯示遮光餵食輪蟲碟狀體存活率最高，五組實驗裝置平均存活隻數為 7.6 隻。
2. 四種實驗設計中，以不遮光餵食豐年蝦存活率最低，五個實驗裝置碟狀體平均存活隻數為 2.8 隻。
3. 四種實驗設計中，以遮光餵食豐年蝦水母碟狀體生長速度最快。而遮光餵食輪蟲生長速度也比不遮光餵食輪蟲生長快速。顯現遮光餵食海月水母碟狀幼體，能讓碟狀體捕捉食物效率增加，而增進存活率，長成稚水母的時間亦縮短。
4. 長成稚水母以遮光餵食豐年蝦日數最短僅需 17 日，不遮光餵食輪蟲日數最長，需要 20 日才能長成。
5. 水母碟狀體存活率與長成稚水母的關鍵在食物是否充足與營養，在未遮光餵食的情況下，縱使我們每日餵食豐年蝦與輪蟲食物量充足，而水母的存活率卻相差甚大，顯示餌料生物與碟狀體趨光性不同，使得不擅長游泳與捕捉能力不強的碟狀幼體，無法順利捕捉到餌料生物，導致營養不良而死亡。
6. 我們發現實驗前五天餵食豐年蝦組碟狀體死亡率明顯大於餵食輪蟲組，但若能順利存活，餵食豐年蝦組碟狀體長大速度明顯快於餵食輪蟲組，以顯微鏡觀察，一日齡豐年蝦約為 0.4mm 大小，一日齡碟狀體約為 1.2mm 大小，碟狀體可能因捕捉不易而營養不足，因此初期餵食輪蟲，存活率較高，後期餵食豐年蝦營養較充足。
7. 遮光飼養能增進存活率與生長速度，與我們的實驗假設相同。

### ※遮光餵食豐年蝦的養成紀錄


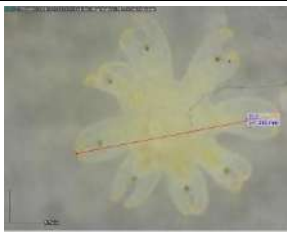





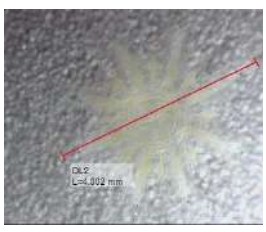
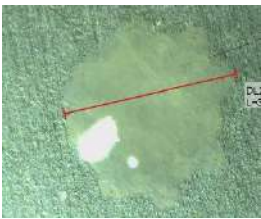





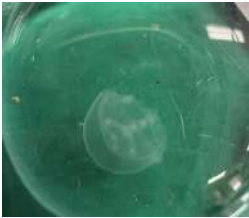

			
一日齡 碟狀體有八支觸 手，觸手上有一感 覺器官	二日齡 水母碟狀體，觸手漸 增長	三日齡 觸手漸漸變長	五日齡 碟狀體，觸手增長體 色變白色
			
六日齡 碟狀體，體色近透 明	七日齡 碟狀體觸手，可見到 點狀感覺器官	十日齡 碟狀體，觸手與觸 手連接起來	十一日齡 碟狀體開始長出輻管
			
十二日齡 齡碟狀體，觸手連 接成圓形	十三日齡 碟狀體，輻管清晰可 見	十四日齡 邊緣開始收縮呈現 傘狀	十五日齡 輻管透明化
			
十五日齡 邊緣收成碗狀	十六日齡 生殖腺隱約可見	十七日齡 長出口腕，呈現稚 水母型態	一日齡 豐年蝦為本次實驗餵 養碟狀體的餌料

表 5-5-8 遮光餵食豐年蝦的養成紀錄佐證資料

## 六、海月水母碟狀體對水質適應之探究

我們在飼養海月水母碟狀幼體時，專家告訴我們，每三日要換水，否則水質會惡化，使得碟狀體死亡，我們想了解水母碟狀體對水質的適應能力，查閱資料得知：

海月水母的理想生存環境：

	理想範圍	可耐受範圍	影響
pH	7.8-8.4	7.5-8.6	pH 過低影響體內離子平衡
溶氧 (mg/l)	>6	4-8	低氧會影響游泳與覓食能力
氨氮 (mg/l)	<0.05	0.1-0.5	高濃度導致觸手收縮、游泳減弱，甚至死亡
亞硝酸鹽 ppm	<0.5	0.5-5	影響神經系統，干擾運動
硝酸鹽 ppm	<50	50-300	長期影響生長與繁殖

表 5-6-1 水質檢測圖

我們設計實驗來了解水母碟狀幼體養殖過程中水質的變化：

(一) 實驗步驟：

- 1.使用 500ml 燒杯、1000ml 水族缸、2000ml 水族缸各加入過濾海水。
- 2.各放入 10 隻海月水母碟狀幼體。
- 3.以加溫棒保持水溫 25°C 並持續曝氣。
- 4.每日餵食輪蟲 0.5 毫升，餌料密度分別為 500ml 燒杯，每毫升 1 隻，1000ml 每 2 毫升 1 隻，2000ml 水族缸每 4 毫升 1 隻。
- 5.以試紙測亞硝酸鹽、硝酸鹽，試劑測氨氮、溶氧儀測溶氧、pH 筆測酸鹼度。
- 6.每日計算水母碟狀體存活數量及隨機取一隻測大小來了解水母對水質耐受度。


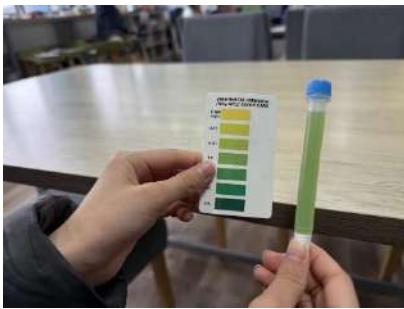

		
2000ml 飼養裝置	比對氨氮濃度	比對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度

表 5-6-2 實研流程

(二)實驗結果：

1.500ml 燒杯實驗組

	酸鹼度	溶氧	亞硝酸鹽	硝酸鹽	氨氮	碟狀體存活率	碟狀體大小
--	-----	----	------	-----	----	--------	-------

第 1 日	8.5	>8	1	0	0.25	10	1.18
第 2 日	8.5	>8	1	0	0.5	10	1.2
第 3 日	8.3	>8	1	10	1.0	10	1.33
第 4 日	8.3	>8	3	10	2.0	4	1.42
第 5 日	8.0	>8	3	10	2.0	1	1.33
第 6 日	7.8	>8	3	10	2.5	0	0

表 5-6-3 500ml 燒杯水質檢測紀錄

## 2.1000ml 水族缸實驗組

	酸鹼度	溶氧	亞硝酸鹽	硝酸鹽	氨氮	碟狀體存活率	碟狀體大小
第 1 日	8.5	>8	1	0	0.25	10	1.12
第 2 日	8.5	>8	1	0	0.25	9	1.18
第 3 日	8.5	>8	1	0	0.25	9	1.20
第 4 日	8.4	>8	1	0	0.25	8	1.22
第 5 日	8.4	>8	1	0	0.5	8	1.28
第 6 日	8.4	>8	1	10	0.5	3	1.31
第 7 日	8.3	>8	1	10	1.0	1	1.33

表 5-6-4 1000ml 水族缸水質檢測紀錄

## 3.2000ml 水族缸實驗組：

	酸鹼度	溶氧	亞硝酸鹽	硝酸鹽	氨氮	碟狀體存活率	碟狀體大小
第 1 日	8.5	>8	1	0	0.25	10	1.12
第 2 日	8.5	>8	1	0	0.25	8	1.08
第 3 日	8.5	>8	1	0	0.25	8	1.15
第 4 日	8.5	>8	1	0	0.25	6	1.21
第 5 日	8.5	>8	1	0	0.25	6	1.22
第 6 日	8.5	>8	1	0	0.25	4	1.18
第 7 日	8.5	>8	1	0	0.25	4	1.23

表 5-6-5 2000ml 水族缸水質檢測紀錄

## (二)討論：

- 1.500ml 燒杯飼養碟狀體，因其水量不多，水母碟狀體的代謝與食餌的殘餘使得四天後水質惡化，氨氮濃度增加，碟狀體大量死亡。
- 2.1000ml 水缸飼養碟狀體，水質不至於劣化太快，但水母仍然在第 6 日後死亡率大增，水母碟狀體也偏小，可能與水量過多使得餌料生物遭稀釋有關。
3. 2000ml 水缸飼養碟狀體，七日內水質並無惡化，碟狀體仍有死亡，且碟狀體幾乎沒有長大，探究其原因，水量過多，導致食物密度太低，碟狀體捕捉食物困難所致。
- 4.以 500ml 燒杯飼育海月水母碟狀幼體雖然需要經常換水，但食物密度高，水母容易捕捉到



食物，無論是存活率或生長情形都最佳，材料也容易取得，值得推薦。

## 七、海月水母碟狀體再生情形之探討

我們查閱文獻水母有很強的自我修復能力，可以再生出細胞，碟狀體是否也有復原能力，因此我們設計實驗觀察水母碟狀體受傷後，能否快速長出缺損的組織。

### （一）實驗步驟：

- 1.取碟狀體用解剖刀切割，將水母碟狀體身體或觸手進行部分切割。
- 2.透過顯微鏡每四小時觀察並拍攝碟狀體恢復狀態。






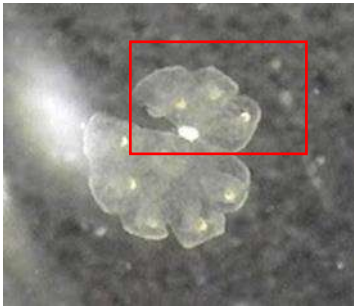

		
進行碟狀體切割	放進魚缸曝氣、保溫、餵食	以顯微鏡觀察

表 5-7-1 實研流程佐證資料

### （二）實驗結果：

後情形	恢復狀態
	
切為二隻觸手之碟狀體	以二隻觸手呈 180 度方式復原
	
切為三隻觸手碟狀體	以三隻觸手方式復原

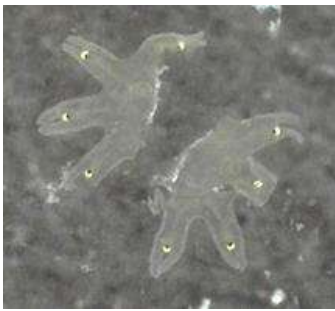
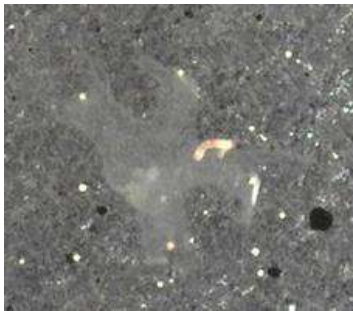
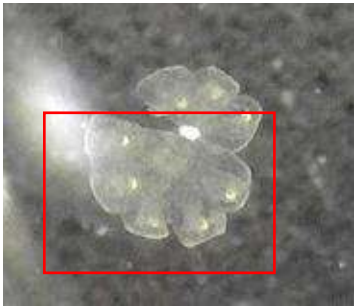

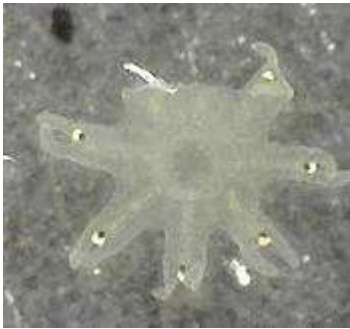

	
切為四隻觸手碟狀體	四隻觸手呈輻射狀復原
	
切為五隻觸手碟狀體	五隻觸手呈輻射狀復原
	
切為六隻觸手碟狀體	觸手切不完整無法呈輻射狀復原

表 5-7-2 碟狀體復原情況佐證照片

### （三）實驗討論：

- 1.水母有良好的再生能力，根據實驗結果碟狀幼體也有良好的再生能力。
- 2.切掉的觸手不會再長出來，而是以輻射的方式再復合成圓形。
- 3.若觸手未切除乾淨則復原後無法呈現完整輻射狀。
- 4.本實驗切割後水母碟狀體復原約需 24 小時。

## 陸、結論

- （一）海中浮游生物大多有趨光性，但水母餌料生物豐年蝦與輪蟲明顯正趨光性遠遠大於水母碟狀體，導致水母碟狀體無法捕捉到食物，在人工飼養的環境下，遮光飼養是個好方法。
- （二）本實驗設計遮光餵養豐年蝦、不遮光餵養豐年蝦、遮光餵養輪蟲、不遮光餵食輪蟲四組實驗，來觀察碟狀體生長情形，實驗顯示遮光餵養組，無論食物是豐年蝦或輪蟲，



存活率都大於未遮光餵食組，水母成長速度實驗也相同，顯示遮光餵養水母碟狀體更佳。

- (三) 實驗證明餵食輪蟲，前期存活率較高，餵養豐年蝦，則生長速度較快，因此我們建議前期飼養以餵食輪蟲為主，後期則可改餵食豐年蝦，營養較高，水母成長情形較好。
- (四) 四種餵食方式都能順利將碟狀幼體養成稚水母，遮光餵食豐年蝦最快僅需 17 天，但存活率低僅有 5 隻。
- (五) 因海月水母生長環境有近海、潟湖、潮間帶。生長環境鹽度大不相同，我們設計鹽度 15ppt、20ppt、25ppt、30ppt、35ppt、40ppt、45ppt、50ppt 等八種海水濃度環境，來了解不同的鹽度環境，碟狀體的七日存活率。發現鹽度在 25ppt 到 35ppt 之間均能存活，七日存活率在 80%以上。
- (六) 海月水母碟狀體在 25°C 的海水溫度中存活率最高，七日存活率 100%。碟狀體在 35°C 的海水溫度中存活率最低，七日存活率 40%。研究顯示水溫過低 15°C 以下，水母會進入休眠環境，因實驗設備限制，我們無法做低溫實驗。高溫超過 30°C 時水母會因代謝過量，組織受損或氧氣供應不足而死亡。與我們的實驗結果相符，碟狀體與水母體，對溫度要求大致相同。
- (七) 以 500ml、1000ml、2000ml 的水量飼育海月水母碟狀體，顯示硝酸鹽濃度與氨氮濃度增加是使得水母死亡的重要原因，但若以較多水量過來飼養碟狀體，因餌料密度下降，雖然水質不致惡化太快，但碟狀體會捕捉不到餌料生物，導致碟狀體長不大甚至死亡。
- (八) 水母大多有再生能力，為了解海月水母碟狀幼體是否也具有再生能力，我將海月水母碟狀體分別切掉不同數目觸手，發現觸手並不會再生，但碟狀體會以輻射狀進行復原，十分特別。
- (九) 水母碟狀體因體積小僅有 1-2mm，不容易養殖，放在水母缸裡也會因過濾系統而遭濾出，養殖不易。本次實驗我們以 500ml 燒杯，成功將水母碟狀體養成稚水母。過程十分辛苦，但四面環海的台灣我們對海洋生物的認識非常不足，此次成功養育水海月水母，讓我們對這種古早的海洋生物有更進一步的認識與了解，更打開我們對於了解廣袤大海的一扇窗。

## 柒、參考文獻

### 一、中文文獻：

- (一) 蔡函庭等人 (104)。仙后水母的環境調查與收縮行為初探。中華民國 55 屆中小學科展說明書。
- (二) 顏伯丞等人 (108)。海洋濕地的倒立舞者-仙后水母對環境之耐受性與趨性探討。中華民國 55 屆中小學科展說明書。
- (三) 蕭澤民 (109)。水母繁養殖技術手冊。國立海洋生物博物館。

### 二、網路資料：

- (一) 維基百科海月水母篇 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/海月水母>
- (二) 跟「死侍」一樣殺不死的水母 <https://www.natgeomedia.com/environment/article/content-5559.html>

## 【評語】 080310

1. 本實驗提供海月水母碟狀幼體養殖之參考，議題具啟發性與科普價值。
2. 實驗設計多元，涵蓋溫度、鹽度、水質、餌料、光照等多個變因，能系統性地驗證假設，並結合多項觀察與操作。
3. 若能增加各組實驗的樣本數與重複次數，將使數據更具說服力與統計意義。
4. 文獻探討可再深入，參考更多國內外水母生態與人工養殖的最新研究，讓討論更完整。

作品海報



The background of the entire image is a dark blue field filled with numerous glowing blue jellyfish. The jellyfish are of various sizes and are shown in different stages of their pulsing motion, creating a sense of depth and movement. Their translucent bodies and internal structures are highlighted by the blue light they emit.

# 從「碟仙」到「梅杜莎」 海月水母碟狀體飼養之探究

\* 本作品說明書未標明出處之照片均為第四作者所拍攝





## 摘要

水族館中展示的水母缸，水母們優游自在的漂浮著，極受歡迎。但我們對水母的了解卻甚少，水母是很特別的生物，牠有有性世代，和無性世代。當水母交配後，受精卵會孵化成浮浪幼蟲，浮浪幼蟲會固著在介質上形成水螅體，水螅體還會複製分化，當水溫變化超過攝氏4度，水螅體開始形成橫列型態，出芽分裂形成碟狀幼體，碟狀幼體再發育成水母體。

我們嘗試養殖海月水母的碟狀幼體（Ephyra）世代，除了瞭解碟狀體轉變成稚水母（Medusa）的變化過程，更嘗試做遮光與不遮光餵食餌料生物豐年蝦與輪蟲。發現遮光飼養輪蟲存活率最高，遮光飼養豐年蝦生長速度最快。此外我們還設計了不同溫度、鹽度與水質實驗，來了解海月水母碟狀體對環境的耐受度。



## 壹、研究動機

水母已存在地球上很久了，是一種很古老的生物，牠有獨特的生理構造，沒有心臟、大腦或骨骼，靠著感知環境並移動，牠不擅長游泳，卻能隨著洋流分布在各個海域，牠是各種掠食性海洋生物的食物，除了部分水母觸手有毒性外，沒其他防禦武器。

海月水母是一種分布廣泛的水母，因其毒性微小，傷害性幾乎為零，且在台灣海域廣泛分布，多數水族館也會以海月水母作為水母缸展示對象，本次研究選擇海月水母作為研究標的。

以海月水母為例，原來牠能以多取勝，擁有獨特的生命週期，包含無性繁殖的水螅階段，和有性繁殖的水母體階段，只要環境適合，能在很短的時間以無性繁殖的方式產生大量碟狀幼體。

而碟狀幼體是由固定不能移動的水螅狀態轉化成自由游動生活的水母型態的過渡階段，我們計畫在校園以簡單的器材將海月水母從碟狀幼體養成水母體階段，再以一連串的實驗來了解海月水母碟狀幼體，包含食性、趨光性、及耐受環境的因子與牠的生活史。



## 貳、研究目的

- 一、海月水母生態與生活史探討。
- 二、不同溫度對海月水母碟狀幼體生長影響之探討
- 三、不同鹽度對海月水母碟狀幼體生長影響之探討。
- 四、海月水母碟狀幼體、豐年蝦、輪蟲趨光性探討。
- 五、不同餌料、遮光與否對海月水母碟狀幼體生長情形之探討。
- 六、海月水母碟狀體對水質適應之探討。
- 七、海月水母碟狀體再生能力之探討。



## 參、研究工具與方法



## 肆、研究流程與步驟

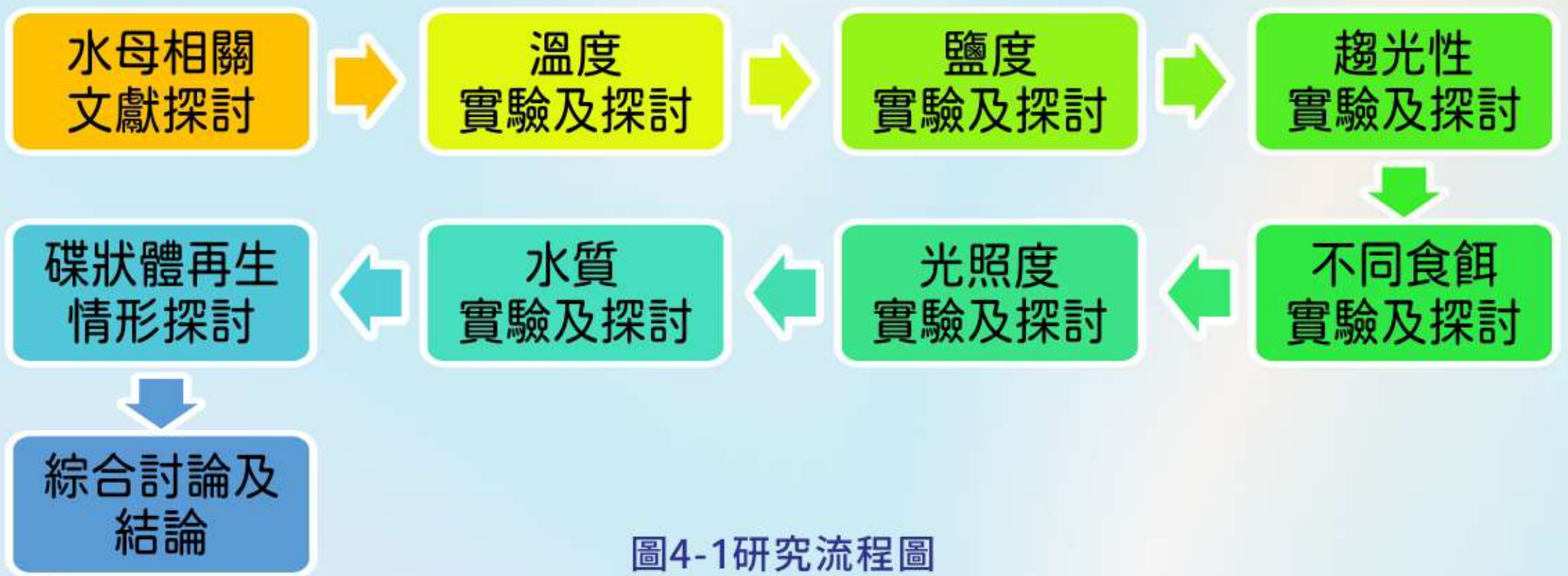


圖4-1研究流程圖



## 伍、研究成果

### 一、海月水母及生活史探討

#### （一）簡介：

海月水母（Aurelia aurita）又稱月亮水母或耳狀海月水母，是一種常見的水母，廣泛分布在溫帶與熱帶海域，在近海的海域、潟湖、港灣甚至潮間帶都能發現。牠在科學界的分類：

界：動物界 Animalia

門：刺胞動物門 Cnidaria

綱：鉢水母綱 Scyphozoa

目：旗口水母目 Semaestomeae

科：羊鬚水母科 Ulmaridae

屬：海月水母屬 Aurelia

種：海月水母 A. aurita

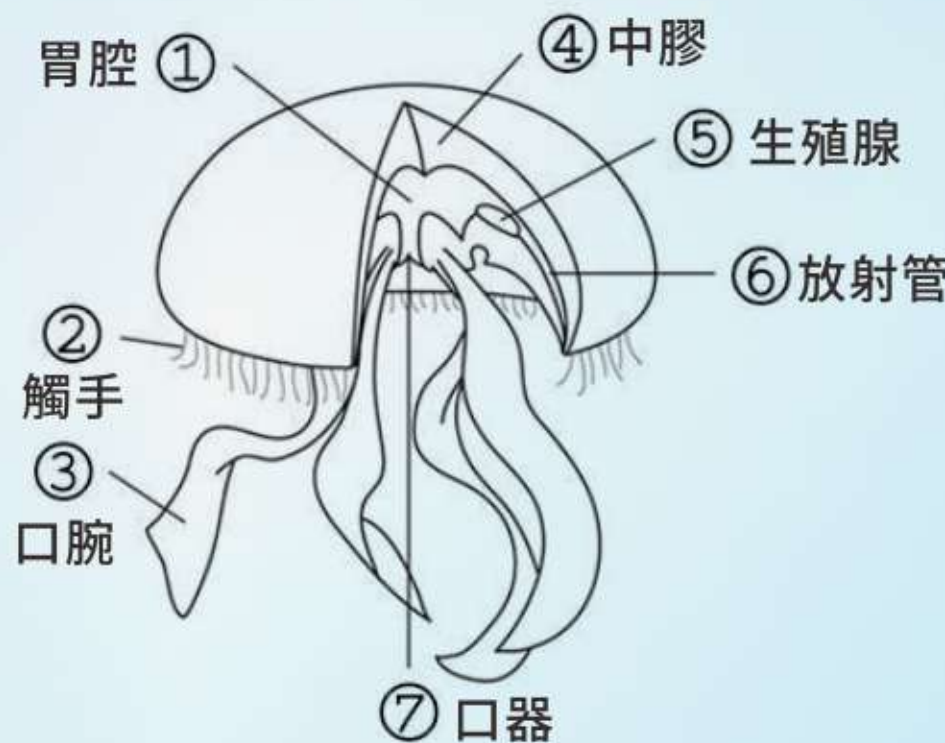


圖5-1-1：海月水母身體系統構造圖

圖片來源：引自維基百科網站海月水母篇

外型特徵：呈圓盤狀、半透明，體色淡藍色或淺粉色。傘狀體邊緣有短而細小的觸手，用於捕捉浮游生物。四條細長發達的口腕，用於捕捉和攝取食物。最具辨識度的特徵是從外觀明顯可見的四個呈現花瓣狀排列的生殖腺，雄性偏白色或淡紫，雌性偏粉紅色。體型直徑在10-40公分，環境適宜可達50公分以上。

#### （二）生殖與生命週期：

1. 受精卵：公的成熟水母產生精子、母的成熟水母產出卵子，進行有性生殖。

成熟水母聚集在一起時，會將精子、卵子釋放到海水中，成功結合的受精卵會發育成浮浪幼體（Planula）

2. 浮浪幼體（Planula）：孵化後會漂浮一陣子，尋找適合的基質附著在堅固的物體表面。

3. 水螅體（Polyp）：浮浪幼體附著後轉變為水螅體，可無性繁殖。

4. 碟狀幼體（Ephyra）：水螅體經出芽分裂，形成碟狀幼體，逐漸發育成水母體。

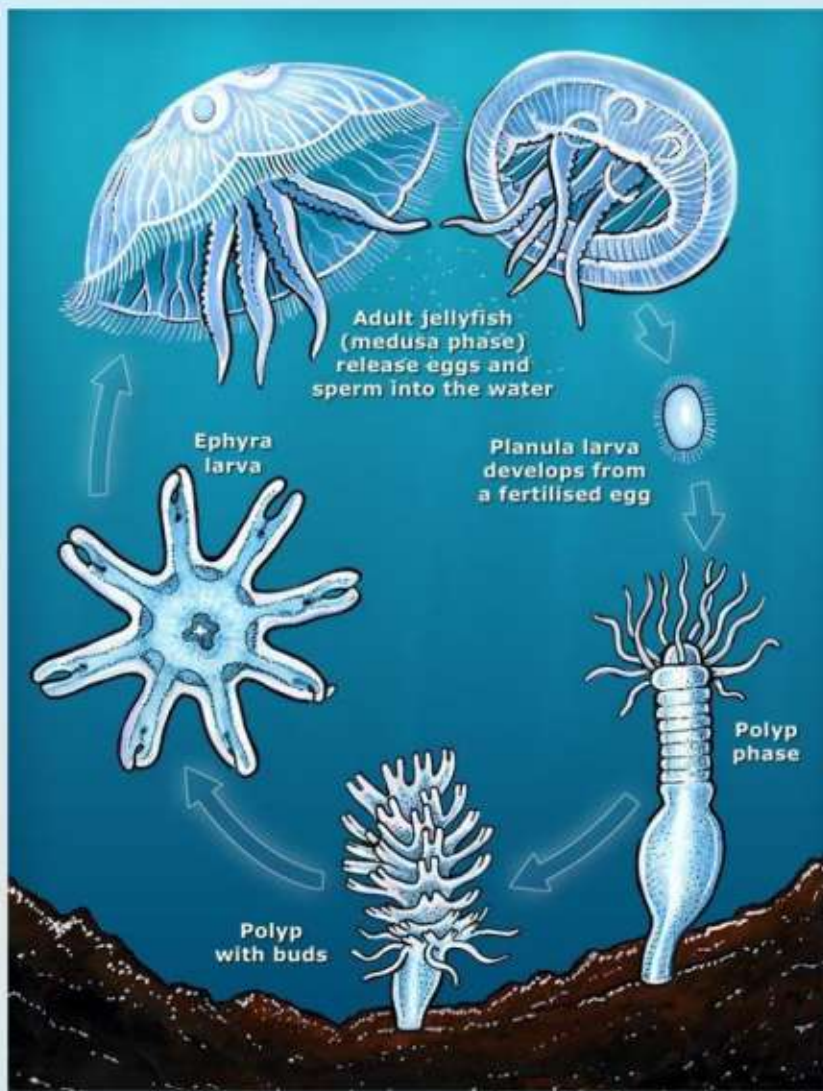


圖5-1-2：海月水母生活史

圖片來源：引自維基百科網站海月水母篇

#### （三）生態與習性：

食性主要以浮游生物、魚卵及微小生物為食，利用觸手及口腕上的刺絲胞捕捉食物。運動方式則靠傘狀體的收縮推動水流來移動，但移動效能不佳，主要依賴海流來漂浮移動。壽命在野外約6-12個月，人工飼養則可達到2-3年。

#### （四）本次實驗養殖之海月水母三個月齡

表5-1-1：在實驗室飼養的海月水母

以觸手捕捉豐年蝦	攝食豐年蝦後胃囊呈現橘色	生殖腺有 2 條、3 條、4 條

#### （五）實驗室養殖的水母個體明顯偏小，可能是水母缸不夠大限制其生長。

## 二、不同溫度對海月水母碟狀幼體生長影響之探討

我們經由文獻得知，海月水母能在溫度攝氏15度到30度的海域中生活，我們想找到養殖碟狀體適合的水溫與碟狀體對海水溫度的耐受度，因此設置五階段的不同水溫環境，來了解碟狀體在不同溫度環境下七日存活率。

#### （一）實驗步驟

1. 取5個1公升的飼養箱裝入海水1000ml。
2. 裝設加溫裝置，分別設置室溫、20℃、25℃、30℃、35℃五種海水溫度環境。
3. 放入10隻碟狀體。
4. 裝打氣馬達、打氣石及聯通管路持續曝氣。
5. 每日餵食輪蟲1毫升（約1000隻），維持餌料密度每毫升一隻。
6. 每日計算碟狀體存活數量持續七日。

表5-2-1：不同水溫實驗裝置

組裝實驗設施	五個不同海水溫度的飼養箱	計算碟狀體存活數量

#### （二）實驗結果

##### 1. 碟狀體存活紀錄表：

表5-2-2不同溫度碟狀體存活紀錄表

溫度 日數	室溫	20℃	25℃	30℃	35℃
第一日	10	10	10	10	10
第二日	10	10	10	8	7
第三日	9	10	10	7	6
第四日	9	7	10	7	5
第五日	9	6	10	6	4
第六日	8	6	10	6	4
第七日	8	6	10	6	4

單位：隻

##### 2. 統計圖表：



圖5-2-1溫度對碟狀體存活率影響統計圖

#### （三）討論：

1. 碟狀體在25℃的海水溫度中存活率最高，七日存活率100%。
2. 碟狀體在35℃的海水溫度中存活率最低，七日存活率40%。
3. 在室溫的情況下，實驗期間測得水溫在22-24℃之間，接近25℃，存活率也有80%。
4. 我們的碟狀體來自恆溫控制25℃的人工飼養環境，是否因此適應此種溫度，若野外採集對溫度適應性則尚待後續研究探討。
5. 相關研究顯示水溫過低15℃以下，水母會進入休眠環境，因實驗設備限制，我們無法做低溫實驗。高溫超過30℃時水母會因代謝過量，組織受損或氧氣供應不足而死亡。與我們的實驗結果相符，水母碟狀幼體與水母體，對溫度要求大致相同。
6. 後續實驗我們均採用25℃水溫環境進行碟狀體養殖實驗。

## 三、不同鹽度對海月水母碟狀幼體生長影響之探討

我們想知道飼養海月水母的最佳鹽度，海月水母能在海洋、潟湖、潮間帶生存。對鹽分的耐受性較強，碟狀體對不同鹽度的海水是否有不同耐受度，我們設置了鹽度15ppt、20ppt、25ppt、30ppt、35ppt、40ppt、45ppt、50ppt等八種海水濃度，來了解不同的鹽度環境，碟狀體的七日存活率。

#### （一）實驗步驟：

1. 取八個1000ml的水族缸。
2. 以海水素調製15ppt、20ppt、25ppt、30ppt、35ppt、40ppt、45ppt、50ppt等八種海水濃度各取1000ml置入飼養箱中遮光飼養。
3. 飼養箱放置於保麗龍箱中，置入10cm高度淡水，放入加溫裝置，隔水加溫控制在25℃。
4. 放入10隻海月水母碟狀體。
5. 裝置馬達、打氣石、管路，持續曝氣。
6. 每日餵食輪蟲1毫升(約1000隻)，控制飼養箱餌料密度每毫升1隻。
7. 每日計算碟狀體存活數量，持續七日。

表5-3-1不同鹽度對碟狀幼體生長影響統計圖

計算鹽度及比重	調製不同鹽度海水	以不同鹽度海水養殖水母碟狀體

#### （二）實驗結果

##### 1. 水母碟狀體存活紀錄表：

表5-3-2鹽度對碟狀體的存活紀錄表

鹽度 日數	15ppt	20ppt	25ppt	30ppt	35ppt	40ppt	45ppt	50ppt
第一日	10	10	10	10	10	10	10	10
第二日	6	7	10	10	9	10	5	0
第三日	5	5	10	10	9	6	0	0
第四日	3	3	10	10	9	6	0	0
第五日	1	2	9	9	8	6	0	0
第六日	0	0	6	9	8	0	0	0
第七日	0	0	4	9	8	0	0	0



2.統計圖表：

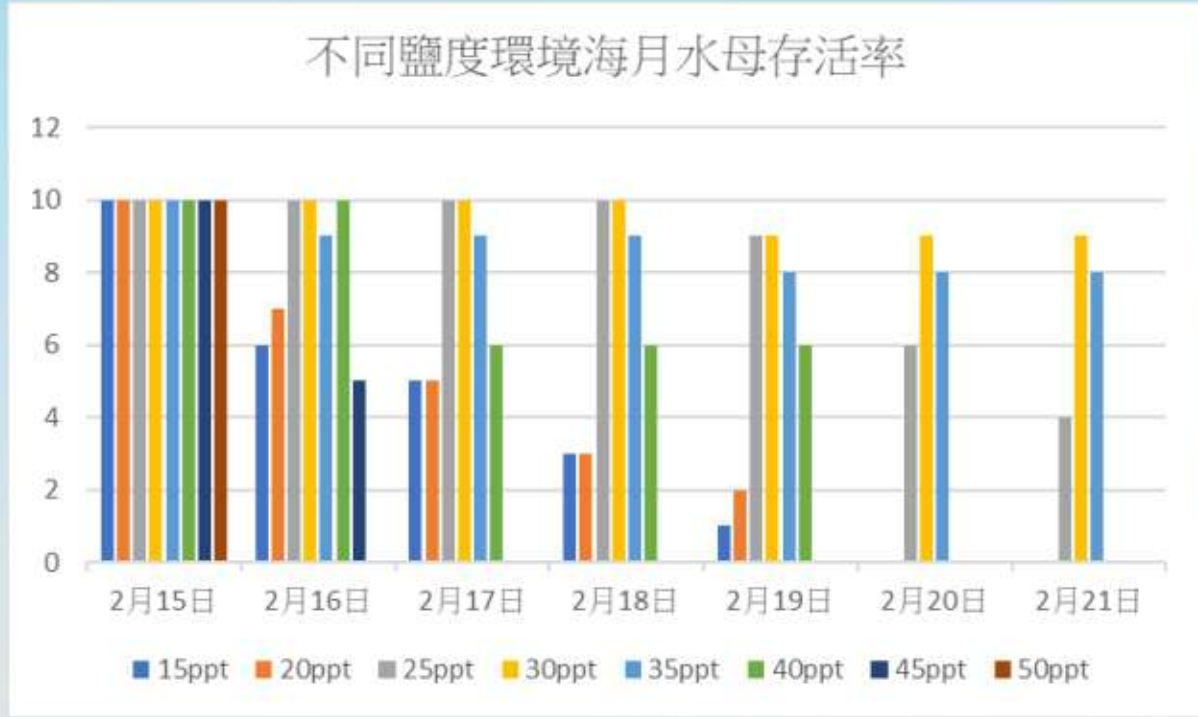


圖5-3-1鹽度對碟狀體存活率影響統計圖

(三) 討論：

- 1.以30ppt與35ppt鹽度海水存活率最高，因鹽度接近原本使用之海水鹽度33ppt。
- 2.鹽度過低會導致水分進入水母體內，實驗顯示鹽度25ppt以下，死亡率漸增。
- 3.40ppt以上水母碟狀體死亡率增加，超過45ppt則碟狀體幾乎無法存活，查閱文獻水母在鹽度超過35ppt的環境，代謝會加快，鹽度超過38ppt則會導致脫水、觸手縮短、游動困難而死亡。碟狀體個體微小，難從外觀上觀察差異，但鹽度越高死亡率越高，與水母相關研究相符。
- 4.對水母碟狀幼體而言，實驗顯示鹽度在25ppt到35ppt之間均能存活，七日存活率在80%以上。
- 5.本實驗後續實驗使用過濾海水，鹽度約為34ppt。

四、海月水母碟狀體、豐年蝦、輪蟲趨光性探討

我們參訪水母實驗室，看到研究員餵養水母時，會以燈光照射豐年蝦，而豐年蝦隨著燈光聚集，這時吸取到的豐年蝦濃度就會變高。海洋生物大都會有趨光性，本次研究會以海洋輪蟲、豐年蝦餵養海月水母碟狀幼體，因此需要了解這三種生物的趨光行為。

(一) 實驗步驟：

- 1.取長、寬、高各20cm的水族缸。
- 2.四周以黑色瓦楞板包圍。
- 3.實驗室製造黑暗環境。
- 4.在瓦楞板一側底部鑽直徑1cm小洞。
- 5.分別放入豐年蝦、輪蟲、及水母碟狀體在全黑的環境下靜置5分鐘，使其適應黑暗環境。
- 6.分別以白色、藍色、綠色、紅色LED燈從黑色瓦楞板圓洞照射，並測得光譜，藍光為457nm、綠光為515nm、白光為450nm、紅光為632nm。
- 7.光照5分鐘後觀察豐年蝦、輪蟲及碟狀體在距離光源不同距離的分布情形差異。
- 8.距光源1cm、5cm、10cm處採集0.5毫升的豐年蝦、輪蟲、水母碟狀體，滴一滴（約0.1毫升）在培養皿上計算數量。

(二) 實驗結果：

- 1.趨光性情形：

表5-4-1在不同色光下碟狀體、豐年蝦、輪蟲趨光行為實驗照片

色燈生物	綠色LED燈	藍色LED燈	紅色LED燈	白色LED燈
海月水母碟狀幼體				
豐年蝦				
輪蟲				

2.不同光源距離採集情形：

- (1) 水母碟狀體：

表5-4-2碟狀體聚集數量表

單位：隻

距離 \ 光源	綠光	藍光	紅光	白光
距光源 1cm	3	3	3	3
距光源 5cm	4	3	2	3
距光源 10cm	3	3	3	3

- (2) 豐年蝦數量：

表5-4-3豐年蝦聚集數量表

單位：隻

距離 \ 光源	綠光	藍光	紅光	白光
距光源 1cm	68	65	55	71
距光源 5cm	22	31	27	36
距光源 10cm	4	5	2	5

- (3) 輪蟲數量：

表5-4-4輪蟲聚集數量表

單位：隻

距離 \ 光源	綠光	藍光	紅光	白光
距光源 1cm	102	98	66	89
距光源 5cm	37	45	53	46
距光源 10cm	11	17	13	22

(三) 討論：

- 1.海月水母碟狀體無論是在紅色、綠色、藍色或白色LED燈照射下，都沒有明顯趨光性，在光線照射下只有在沉底的狀態下微微的向上離開水底，推測可能是自主游泳能力差的關係導致。
- 2.輪蟲及豐年蝦會明顯地向光源聚集。離光源越近，聚集的密度越高。離光源越遠，聚集密度越低。顯現輪蟲及豐年蝦都有正趨光性。但在紅光照射下採集的數量較少，不知是否海洋生物對波長較長的紅光較不敏感，尚須探討。

五、不同餌料與遮光與否對海月水母碟狀幼體生長情形之探討

在前一個實驗我們了解水母碟狀體趨光性不明顯，而其食物輪蟲及豐年蝦有正趨光性，在這種情形下，是否會影響碟狀體捕食及生長情形，我們採用了二種餌料、輪蟲與豐年蝦，與二種環境、遮光與不遮光來餵養碟狀體。將碟狀體養到稚水母型態，觀察其存活率及生長情形。

(一) 實驗步驟：

- 1.取20個500ml燒杯裝入過濾海水。
- 2.每個燒杯放入10隻碟狀體。
- 3.裝打氣泵浦打氣石及打氣管連接每一個燒杯持續曝氣。
- 4.第一組為不遮光組，五個燒杯餵食0.5毫升輪蟲（約500隻保持密度每毫升1隻），5個燒杯餵食0.5毫升豐年蝦（約500隻保持密度每毫升1隻），放置於保麗龍箱內，箱內放入10公分高度淡水，以加溫棒隔水加溫控溫在25℃。不遮光養殖。
- 5.第二組為遮光組，五個燒杯餵食0.5毫升輪蟲（約500隻保持密度每毫升1隻），5個燒杯餵食0.5毫升豐年蝦（約500隻保持密度每毫升1隻），放置於保麗龍箱內，箱內放入10公分高度淡水，以加溫棒隔水加溫控溫在25℃。蓋上蓋子，遮光養殖。
- 6.每日計算碟狀體存活數量及隨機取一隻碟狀體以生物顯微鏡觀察量測大小，顯微鏡觀察5秒鐘，並連續拍攝10張照片，取碟狀體舒張到最大的一張照片列入實驗數據。
- 7.每3天換水一次。
- 8.將水母從碟狀體養到稚水母狀態。

表5-5-1實驗步驟及實驗裝置配置片

實驗裝置設置	實驗裝置設置	餵養餌料
豐年蝦及輪蟲	觀察碟狀體存活率	以顯微鏡觀察

(二) 實驗結果：

- 1.水母存活率

我們將實驗分成二組四種變項，不遮光餵食豐年蝦、遮光餵食豐年蝦、不遮光餵食輪蟲、遮光餵食輪蟲，每組設置五個實驗裝置，持續養殖21天(21日為最後一隻碟狀體轉換為稚水母的天數)，每日計算存活數量。

- (1) 實驗記錄：右方紀錄表為每組五個實驗裝置的平均存活率
- (2) 統計圖表：

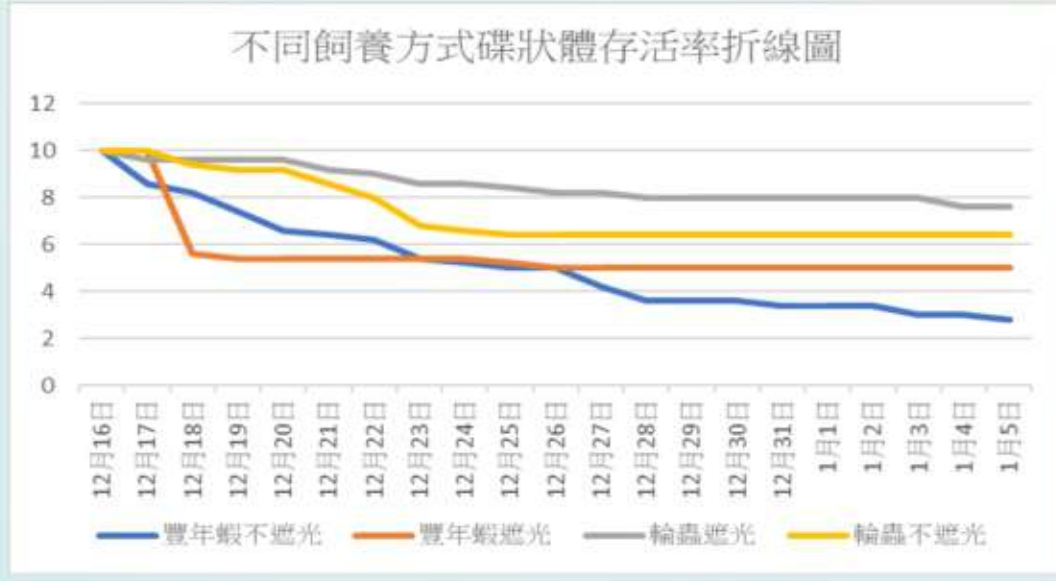


圖5-5-1不同生長情形之碟狀體存活率統計圖

- 2.水母生長情形：我們在飼養水母碟狀體的歷程中，除了每日計算存活數量外，每日再從每一實驗裝置隨機選擇一隻碟狀體，以生物顯微鏡測量其大小與拍攝照片記錄其生長情形。

拍攝方式，將碟狀體放置於玻片，滴一滴海水，五秒內連續拍攝10張照片，選擇觸手伸縮時，舒張到最大的一張列為實驗記錄。

- (1) 水母大小紀錄表：如右表
- (2) 折線圖：

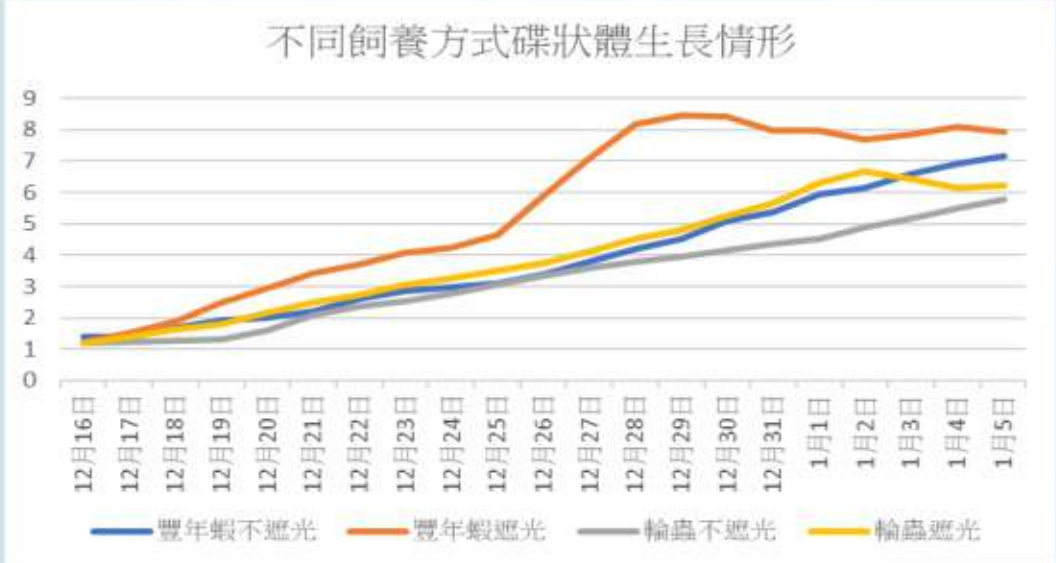


圖5-5-2不同生長情形之大小統計圖

- 3.碟狀體養成稚水母天數：本實驗主要是要將水母碟狀體養殖成稚水母，因此我們也記錄了四種實驗裝置養成稚水母的日數，以下記錄每一實驗裝置第一隻與最後一隻養成稚水母的天數。

- (1) 實驗記錄：

表5-5-4不同生長情形長為稚水母天數統計表

飼養方式	不遮光 餵食豐年蝦	遮光 餵食豐年蝦	不遮光 餵食輪蟲	遮光 餵食輪蟲
日期				
第一隻養成稚水母天數	18	17	20	18
最後一隻養成稚水母天數	20	19	21	20

- (2) 統計圖表：

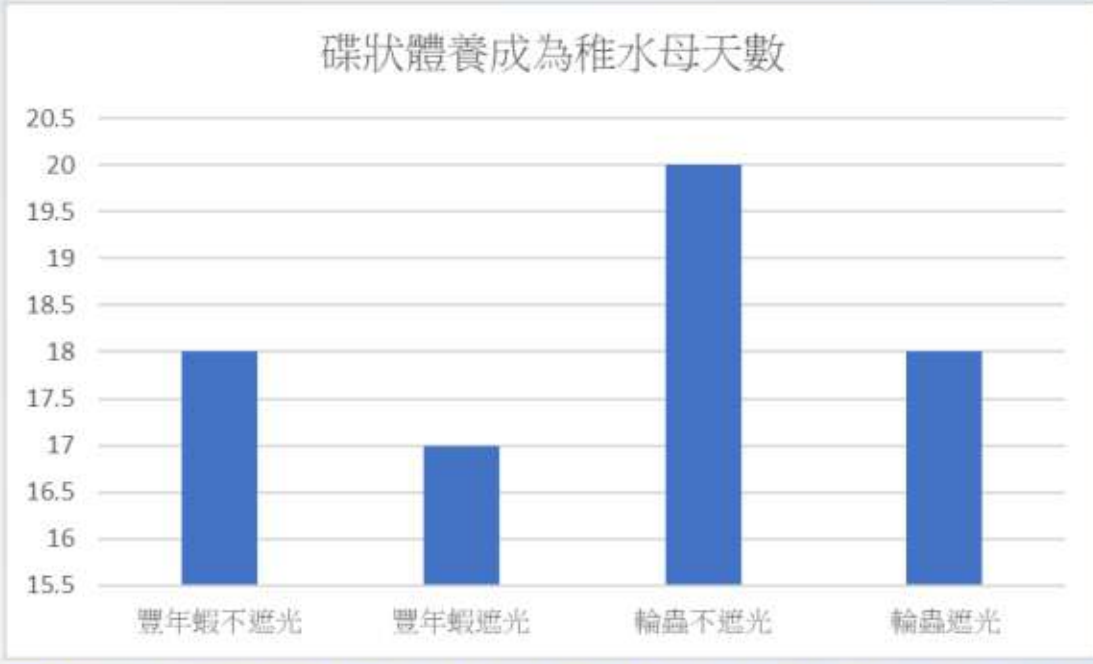


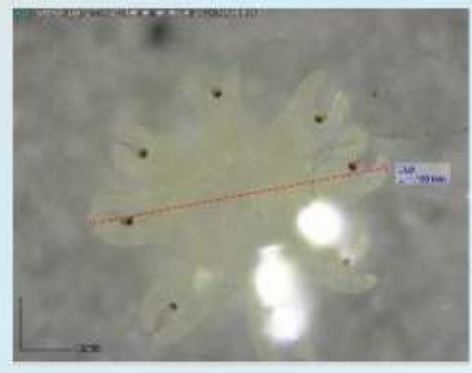
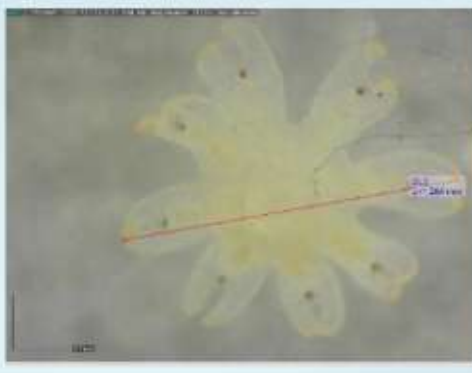





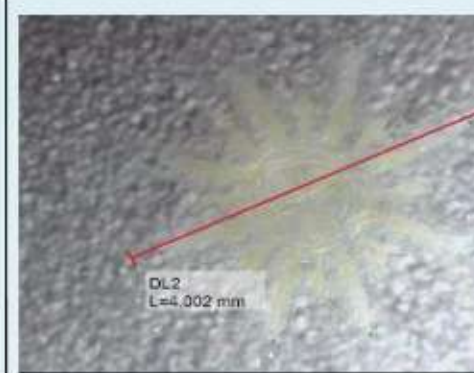



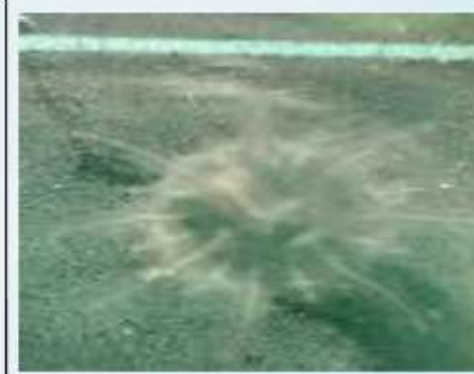


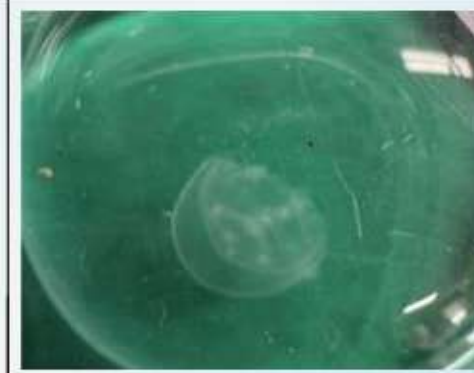
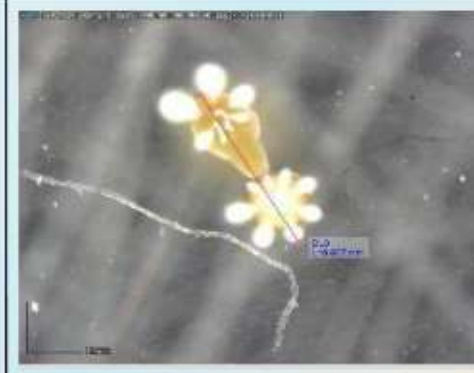
圖5-5-3不同生長情形長為稚水母天數統計圖



(三) 討論：

- 1.四種實驗設計，每種實驗設計有五組實驗裝置，實驗後顯示遮光餵食輪蟲碟狀體存活率最高，五組實驗裝置平均存活隻數為7.6隻。
  - 2.四種實驗設計中，以不遮光餵食豐年蝦存活率最低，五個實驗裝置碟狀體平均存活隻數為2.8隻。
  - 3.四種實驗設計中，以遮光餵食豐年蝦水母碟狀體生長速度最快。而遮光餵食輪蟲生長速度也比不遮光餵食輪蟲生長快速。顯現遮光餵食海月水母碟狀幼體，能讓碟狀體捕捉食物效率增加，而增進存活率，長成稚水母的時間亦縮短。
  - 4.長成稚水母以遮光餵食豐年蝦日數最短僅需17日，不遮光餵食輪蟲日數最長，需要20日才能長成稚水母。
  - 5.水母碟狀體存活率與長成稚水母的關鍵在食物是否充足與營養，在未遮光餵食的情況下，縱使我們每日餵食豐年蝦與輪蟲食物量充足，而水母的存活率卻相差甚大，顯示餌料生物與碟狀體趨光性不同，使得不擅長游泳與捕捉能力不強的碟狀幼體，無法順利捕捉到餌料生物，導致營養不良而死亡。
  - 6.我們發現實驗前五天餵食豐年蝦組碟狀體死亡率明顯大於餵食輪蟲組，但若能順利存活，餵食豐年蝦組碟狀體長大速度明顯快於餵食輪蟲組，以顯微鏡觀察，一日齡豐年蝦約為0.4mm大小，一日齡碟狀體約為1.2mm大小，碟狀體可能因捕捉不易而營養不足，因此初期餵食輪蟲，存活率較高，後期餵食豐年蝦營養較充足。
  - 7.遮光飼養能增進存活率與生長速度，與我們的實驗假設相同。
- ※遮光餵食豐年蝦的養成紀錄

表5-5-5遮光餵食豐年蝦的養成紀錄佐證資料

			
一日齡：碟狀體有八支觸手，觸手上有一感覺器官	二日齡：水母碟狀體，觸手漸增長	三日齡：觸手漸漸變長	五日齡：碟狀體，觸手增長體色變白色
			
六日齡：碟狀體，體色近透明	七日齡：碟狀體觸手，可見到點狀感覺器官	十日齡：碟狀體，觸手與觸手連接起來	十一日齡：碟狀體開始長出輻管
			
十二日齡：齡碟狀體，觸手連接成圓形	十三日齡：碟狀體，輻管清晰可見	十四日齡：邊緣開始收縮呈現傘狀	十五日齡：輻管透明化
			
十五日齡：邊緣收成碗狀	十六日齡：生殖腺隱約可見	十七日齡：長出口腕，呈現稚水母型態	一日齡：豐年蝦為本次實驗餵養碟狀體的餌料

六、海月水母碟狀體對水質適應之探究

我們在飼養海月水母碟狀幼體時，專家告訴我們，每三日要換水，否則水質會惡化，使得碟狀體死亡，我們想了解水母碟狀體對水質的適應能力，查閱資料得知：

海月水母的理想生存環境：

表5-6-1水質檢測圖

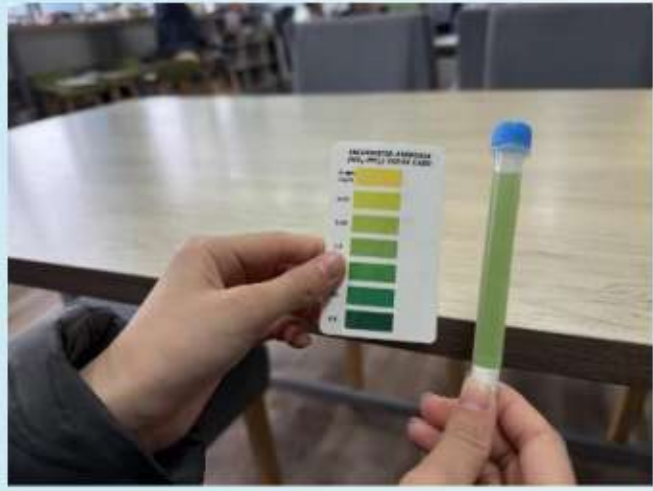
	理想範圍	可耐受範圍	影響
pH	7.8-8.4	7.5-8.6	pH 過低影響體內離子平衡
溶氧 (mg/l)	>6	4-8	低氧會影響游泳與覓食能力
氨氮 (mg/l)	<0.05	0.1-0.5	高濃度導致觸手收縮、游泳減弱，甚至死亡
亞硝酸鹽 ppm	<0.5	0.5-5	影響神經系統，干擾運動
硝酸鹽 ppm	<50	50-300	長期影響生長與繁殖

我們設計實驗來了解水母碟狀幼體養殖過程中水質的變化：

(一) 實驗步驟：

- 1.使用500ml燒杯、1000ml水族缸、2000ml水族缸各加入過濾海水。
- 2.各放入10隻海月水母碟狀幼體。
- 3.以加溫棒保持水溫25℃並持續曝氣。
- 4.每日餵食輪蟲0.5毫升，餌料密度分別為500ml燒杯，每毫升1隻，1000ml每2毫升1隻，2000ml水族缸每4毫升1隻。
- 5.以試紙測亞硝酸鹽、硝酸鹽，試劑測氨氮、溶氧儀測溶氧、pH筆測酸鹼度。
- 6.每日計算水母碟狀體存活數量及隨機取一隻測大小來了解水母對水質耐受度。

表5-6-2實研流程

		
2000ml 飼養裝置	比對氨氮濃度	比對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度

(二) 實驗結果：

1.500ml 燒杯實驗組

表5-6-3 500ml燒杯水質檢測紀錄

	酸鹼度	溶氧	亞硝酸鹽	硝酸鹽	氨氮	碟狀體存活率	碟狀體大小
第 1 日	8.5	>8	1	0	0.25	10	1.18
第 2 日	8.5	>8	1	0	0.5	10	1.2
第 3 日	8.3	>8	1	10	1.0	10	1.33
第 4 日	8.3	>8	3	10	2.0	4	1.42
第 5 日	8.0	>8	3	10	2.0	1	1.33
第 6 日	7.8	>8	3	10	2.5	0	0

2.1000ml 水族缸實驗組

表5-6-4 1000ml水族缸水質檢測紀錄

	酸鹼度	溶氧	亞硝酸鹽	硝酸鹽	氨氮	碟狀體存活率	碟狀體大小
第 1 日	8.5	>8	1	0	0.25	10	1.12
第 2 日	8.5	>8	1	0	0.25	9	1.18
第 3 日	8.5	>8	1	0	0.25	9	1.20
第 4 日	8.4	>8	1	0	0.25	8	1.22
第 5 日	8.4	>8	1	0	0.5	8	1.28
第 6 日	8.4	>8	1	10	0.5	3	1.31
第 7 日	8.3	>8	1	10	1.0	1	1.33

3.2000ml 水族缸實驗組：

表5-6-5 2000ml水族缸水質檢測紀錄

	酸鹼度	溶氧	亞硝酸鹽	硝酸鹽	氨氮	碟狀體存活率	碟狀體大小
第 1 日	8.5	>8	1	0	0.25	10	1.12
第 2 日	8.5	>8	1	0	0.25	8	1.08
第 3 日	8.5	>8	1	0	0.25	8	1.15
第 4 日	8.5	>8	1	0	0.25	6	1.21
第 5 日	8.5	>8	1	0	0.25	6	1.22
第 6 日	8.5	>8	1	0	0.25	4	1.18
第 7 日	8.5	>8	1	0	0.25	4	1.23

(二) 討論：

- 1.500ml燒杯飼養碟狀體，因其水量不多，水母碟狀體的代謝與食餌的殘餘使得四天後水質惡化，氨氮濃度增加，碟狀體大量死亡。
- 2.1000ml水缸飼養碟狀體，水質不至於劣化太快，但水母仍然在第 6 日後死亡率大增，水母碟狀體也偏小，可能與水量過多使得餌料生物遭稀釋有關。
- 3. 2 000ml水缸餵養碟狀體，七日內水質並無惡化，碟狀體仍有死亡，且碟狀體幾乎沒有長大，探究其原因，水量過多，導致食物密度太低，碟狀體捕捉食物困難所致。
- 4.以500ml燒杯飼育海月水母碟狀幼體雖然需要經常換水，但食物密度高，水母容易捕捉到食物，無論是存活率或生長情形都最佳，材料也容易取得，值得推薦。




七、海月水母碟狀體再生情形之探討

我們查閱文獻水母有很強的自我修復能力，可以再生出細胞，碟狀體是否也有復原能力，因此我們設計實驗觀察水母碟狀體受傷後，能否快速長出缺損的組織。

(一) 實驗步驟：



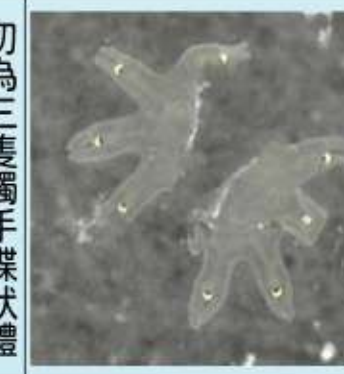
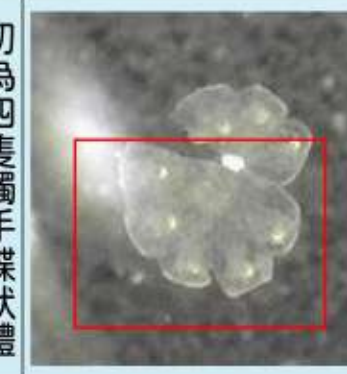
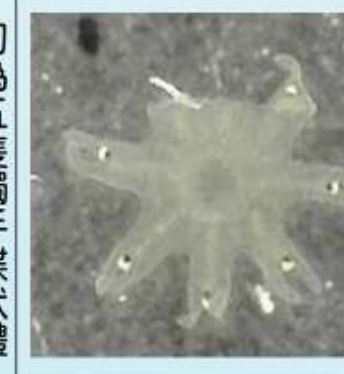






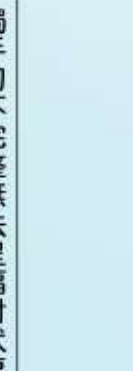
- 1.取碟狀體用解剖刀切割，將水母碟狀體身體或觸手進行部分切割。
- 2.透過顯微鏡每四小時觀察並拍攝碟狀體恢復狀態。

表5-7-1實研流程佐證資料

		
進行碟狀體切割	放進魚缸曝氣、保溫、餵食	以顯微鏡觀察

(二) 實驗結果：

表5-7-2碟狀體復原情況佐證照片

切後情形		切為一隻觸手之碟狀體		切為二隻觸手碟狀體		切為四隻觸手碟狀體		切為五隻觸手碟狀體		切為六隻觸手碟狀體	
恢復狀態		以一隻觸手呈碗底方式復原		以二隻觸手方式復原		四隻觸手呈輻射狀復原		五隻觸手呈輻射狀復原		觸手切不完整無呈輻射狀復原	

(三) 實驗討論：

- 1.水母有良好的再生能力，根據實驗結果碟狀幼體也有良好的再生能力。
- 2.切掉的觸手不會再長出來，而是以輻射的方式再復合成圓形。
- 3.若觸手未切除乾淨則復原後無法呈現完整輻射狀。
- 4.本實驗切割後水母碟狀體復原約需24小時。

陸、結論

- (一) 海月水母碟狀體在25℃的海水溫度中存活率最高，七日存活率100%。碟狀體在35℃的海水溫度中存活率最低，七日存活率40%。研究顯示水溫過低15℃以下，水母會進入休眠環境，因實驗設備限制，我們無法做低溫實驗。高溫超過30℃時水母會因代謝過量，組織受損或氧氣供應不足而死亡。與我們的實驗結果相符，碟狀體與水母體，對溫度要求大致相同。
- (二) 因海月水母生長環境有近海、潟湖、潮間帶。生長環境鹽度大不相同，我們設計鹽度15ppt、20ppt、25ppt、30ppt、35ppt、40ppt、45ppt、50ppt等八種海水濃度環境，來了解不同的鹽度環境，碟狀體的七日存活率。發現鹽度在25ppt到35ppt之間均能存活，七日存活率在80%以上。
- (三) 海中浮游生物大多有趨光性，但水母餌料生物豐年蝦與輪蟲明顯正趨光性遠遠大於水母碟狀體，導致水母碟狀體無法捕捉到食物，在人工飼養的環境下，遮光飼養是個好方法。
- (四) 本實驗設計遮光餵養豐年蝦、不遮光餵養豐年蝦、遮光餵養輪蟲、不遮光餵食輪蟲四組實驗，來觀察碟狀體生長情形，實驗顯示遮光餵養組，無論食物是豐年蝦或輪蟲，存活率都大於未遮光餵食組，水母成長速度實驗也相同，顯示遮光餵養水母碟狀體更佳。
- (五) 實驗證明餵食輪蟲，前期存活率較高，餵養豐年蝦，則生長速度較快，因此我們建議前期飼養以餵食輪蟲為主，後期則可改餵養豐年蝦，營養較高，水母成長情形較好。
- (六) 四種餵食方式都能順利將碟狀幼體養成稚水母，遮光餵食豐年蝦最快僅需17天，但存活率低僅有5隻。
- (七) 以500ml、1000ml、2000ml的水量飼育海月水母碟狀體，顯示硝酸鹽濃度與氨氮濃度增加是使得水母死亡的重要原因，但若以較多水量過來飼養碟狀體，因餌料密度下降，雖然水質不致惡化太快，但碟狀體會捕捉不到餌料生物，導致碟狀體長不大甚至死亡。
- (八) 水母大多有再生能力，為了解海月水母碟狀幼體是否也具有再生能力，我將海月水母碟狀體分別切掉不同數目觸手，發現觸手並不會再生，但碟狀體會以輻射狀進行復原，十分特別。
- (九) 水母碟狀體因體積小僅有1-2mm，不容易養殖，放在水母缸裡也會因過濾系統而遭濾出，養殖不易。本次實驗我們以500ml燒杯，成功將水母碟狀體養成稚水母。過程十分辛苦，但四面環海的台灣我們對海洋生物的認識非常不足，此次成功養育海月水母，讓我們對這種古老的海洋生物有更進一步的認識與了解，更打開我們對於了解廣袤大海的一扇窗。

柒、參考文獻

略