中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　生物科

佳作

080317

倒立水母的環境調查與收縮行為初探

學校名稱：高雄市左營區新上國民小學

作者：	指導老師：
小五 蔡函庭	黃仁珍
小五 黃苡寬	張一州
小五 汪宣愛	
小五 蔡依霖	
小五 賴銘璋	

關鍵詞：倒立水母、環境調查、收縮行為

摘要

倒立水母其傘部會收縮引發水流，為水母帶來獵物。本研究除進行在林園濕地中倒立水母的數量調查外，並設計實驗，探討個體大小、光照與否、餵食豐年蝦對其收縮次數變化之影響。水母對於暗區與亮區的選擇及對三個連續性光照梯度的選擇。研究結果顯示，其個體越大，收縮次數越少；白天與用手電筒照射的狀況下，收縮次數也較多；在餵食豐年蝦的條件下，其收縮次數也有明顯的增加。水母對於亮區也有明顯的移動。田野調查中，冬季調查水母數量大約500多隻左右，但進入夏季時節數量超過1000隻，4-5月為繁殖期，大量增長。對於水母的消長狀況，需要長時間的監測，進行更多的宣導和教育，進而維持濕地生態的豐富與多元性。

壹、研究動機

前一陣子看到新聞報導說高雄林園海洋濕地出現倒立水母，覺得蠻好奇有趣的!後來在一次生態旅遊中，老師帶我們去了解林園濕地的紅樹林植物。穿越許多龐大的工廠廠區，最後居然來到一片新天地~【海洋濕地公園】，讓我們非常的驚艷，尤其是看見倒立水母，這點讓我們更感到好奇。所以，我們決定找這個到濕地裡做客的生物-【倒立水母】來做實驗。

因為倒立水母很特別，牠會倒立，跟一般的水母不太一樣。而且，我們也不知道牠是如何來到這片濕地的? 不仔細看還以為是海葵，老師介紹說因為倒立水母的觸手上有著共生藻，藉著共生藻可以行光合作用，可以提供水母養分，所以倒立水母都一直倒立著，我們也很好奇倒立水母的生活型態，上網搜尋發現倒立水母的相關文獻並不多，所以也想嘗試觀察牠並做紀錄，建立更多的資料，讓大家更了解牠，也可以進一步關心和保護林園溼地的生態。於是我們便開始擬定計畫，並以康軒版四上第二單元(水中生物)、康軒版五下第二單元（動物的生活）為知識背景，進一步設計相關實驗來探索倒立水母的世界。

貳、研究目的

一、認識倒立水母

（一）外部形態

（二）調查倒立水母的種類

二、調查倒立水母在林園濕地的分布情形及消長情況

調查點分為一號池和二號池總共9個點

三、設計實驗觀察倒立水母的收縮頻率是否有改變

（一）白天與晚上的收縮次數差異

（二）有光照與無光照的收縮次數差異

（三）探討餵食「豐年蝦」其收縮次數差異

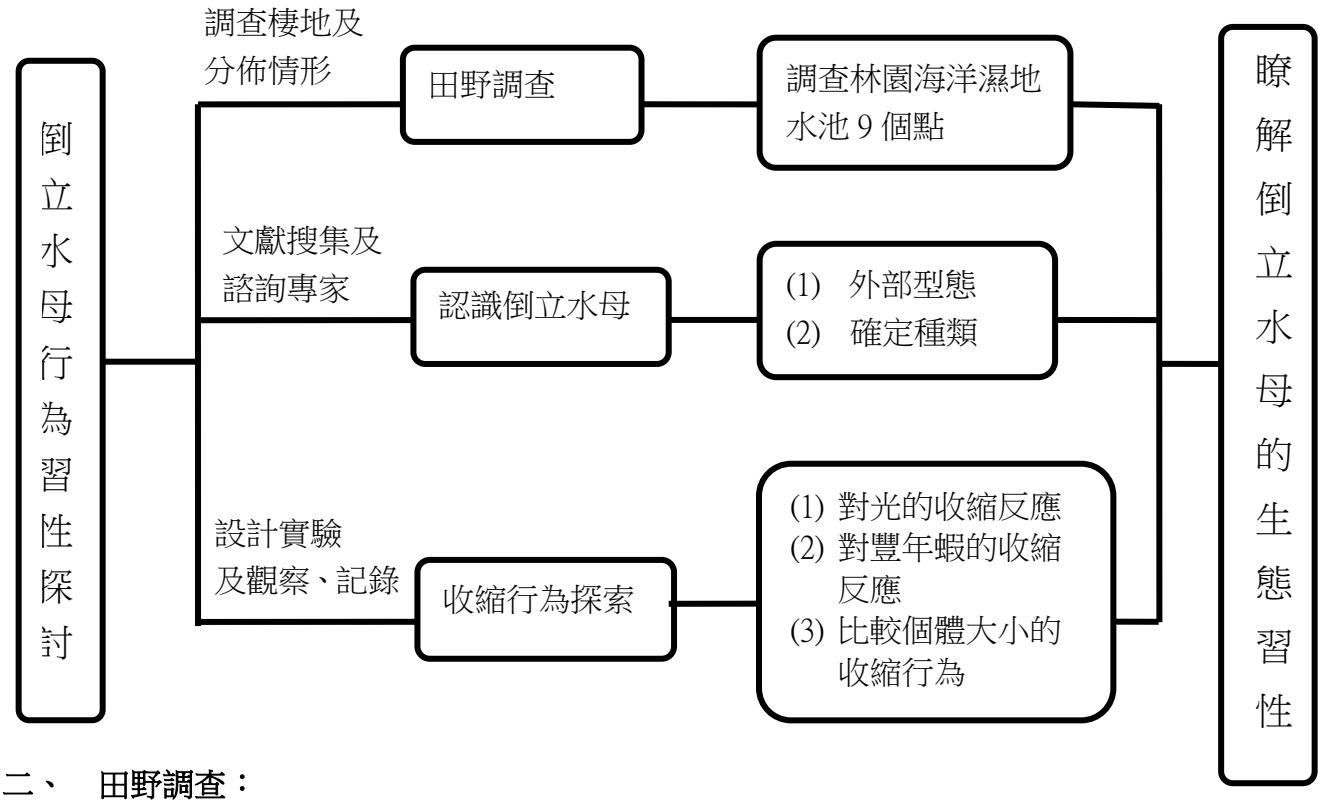
（四）個體大小是否影響其收縮次數頻率

參、研究設備與器材

研究設備與器材有：溫度計、魚缸、短柄撈網、長柄撈網、水桶、寶特瓶、勺子、顯微鏡、容器與打氣工具、筆記簿、照相機、照度計、塑膠瓦楞板、防水塑膠布、黑網子。

肆、研究過程、方法與結果

一、 研究架構圖



二、 田野調查：

我們調查仙后水母的位置為林園海洋濕地公園(圖 1、圖 2)，倒立水母為什麼位在林園區出現呢？這也跟林園區的養殖漁業很有關係！產業分布除了製造業和服務業之外，林園區有些民眾以養殖維生。養殖漁業需要抽取海水來使用，相對也把海裡的一些生物抽取上來，久而久之也在池子裡生存下來。

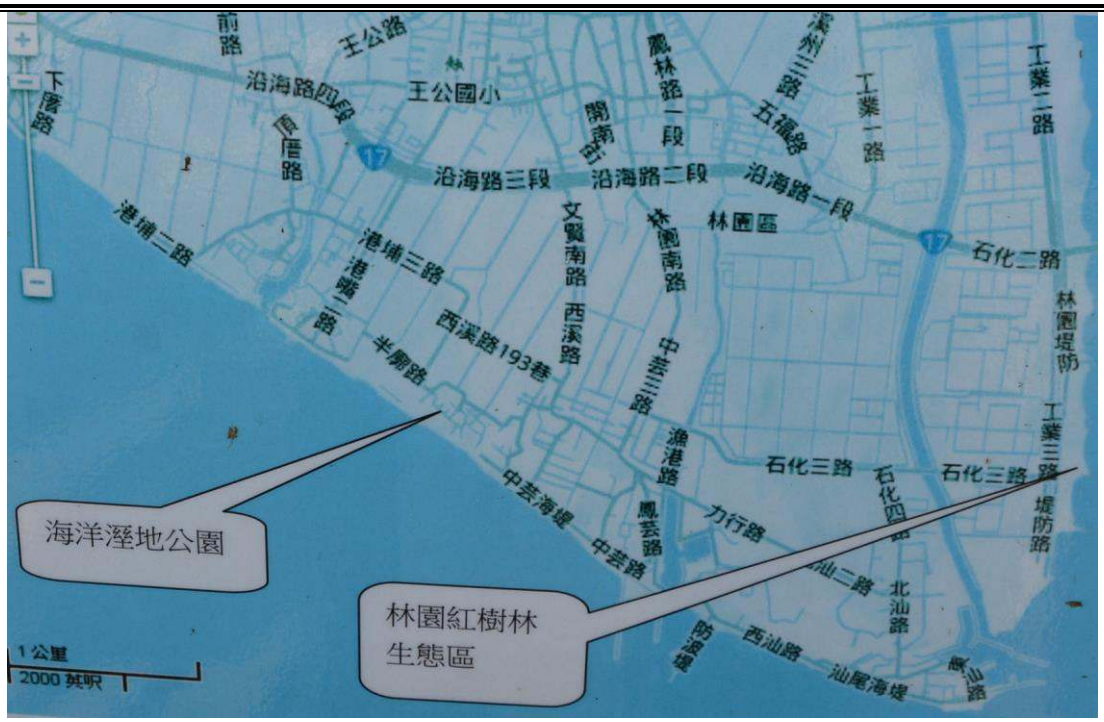


圖 1

圖 2

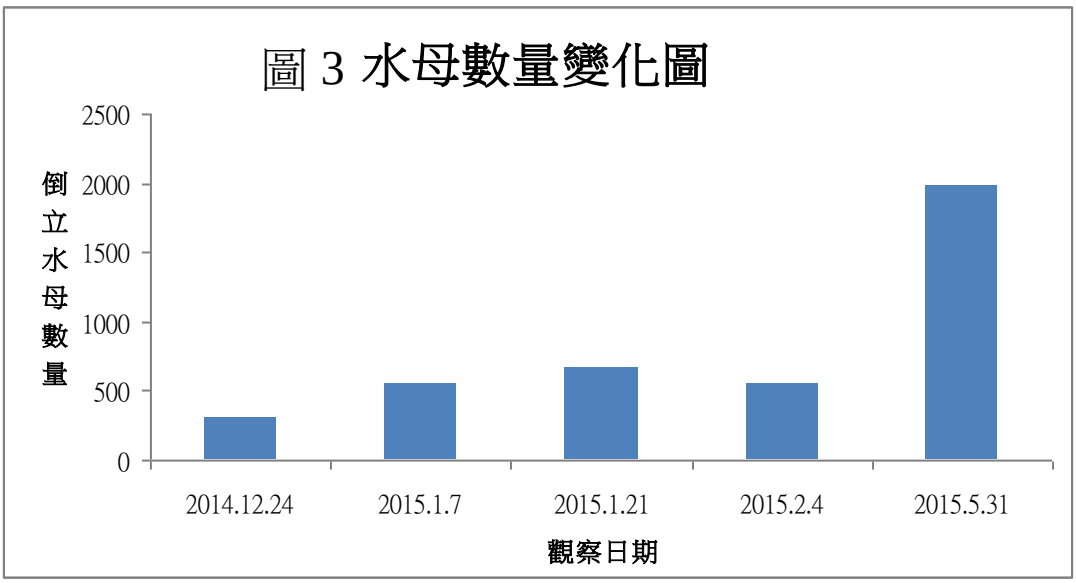
我們以水池一、水池二為重點，把調查區域為 9 個點，大約都是靠岸邊的部分(大約水深 15 公分以內的範圍一隻一隻計數，因為再深一點水母的影像就看不清楚，不方便計數)，每次紀錄水池的水溫與水母大約數量，觀察其消長情況!

水池一	水池二

調查點 1	調查點 2	調查點 3
調查點 4	調查點 5	調查點 6
調查點 7	調查點 8	調查點 9

	2014.12.24	2015.1.7	2015.1.21	2015.2.4	2015.5.31
第1區	75 隻 有1隻在水面上游，顏色多為白色	43 隻 數量比上次少	128 隻 數量比之前的明顯增加	43 隻 數量又變少了	286 隻 大的水母約 3 分之 1 數量，小的約 3 分之 2 數量
第2區	200 隻左右 幾乎都比第1區大隻，全部都是咖啡色	200 隻左右 大隻的倒立水母比第一次觀察時還少，只剩 4 隻	200-250 隻左右 我看到的倒立水母可以說是數不清。大隻的倒立水母比上一次多一隻	約 200 隻 大隻的倒立水母只剩 3 隻	0 隻 水域呈黑色狀態，水中幾乎看不到水母，但看到小魚在水中游來游去
第3區	0 隻 都是海葵，完全沒有看到倒立水母	0 隻 都是海葵，完全沒有看到倒立水母	0 隻 都是海葵，完全沒有看到倒立水母	0 隻 都是海葵，完全沒有看到倒立水母	0 隻 原本的海葵減少了，垃圾變多
第4區	零星幾隻 幾乎都比第1區和第2區還小隻	274 隻 這次變多了，而且多很多	約 268 隻 數量跟上次差不多	189 隻 數量變少了	210 隻 前半段的水母都是倒立的，後半段都是呈現非倒立狀態
第5區	零星幾隻 排水口前出現海葵，看到倒立水母不到五隻，因為那裡的水是流動的	15 隻 比上次多，而且還有看到海葵	19 隻 這次又變多了	50 隻 這次比上次更多	有 30 隻 都是屬於非倒立狀態
第6區	我只有看到1隻倒立水母	3 隻 3 隻白色的倒立水母很特別	0 隻 沒有看到	20 隻 這邊突然出現許多倒立水母	1274 隻 此水域水母量突然暴增，非常驚人
第7區	0 隻	0 隻 沒有看到倒立水母，只有一隻死螃蟹	0 隻	23 隻 這邊突然出現許多倒立水母	156 隻 這一區數量也是增加很多
第8區	0 隻	0 隻	0 隻	0 隻	0 隻 幾乎都是魚兒

第9區	20-30 隻 前半段的倒立水母顏色較多，數量大，密度高，發現一些長相不同的水母，顏色也很多變。後半段倒立水母變少，不過海茄冬倒是很多	20 隻左右 這次的倒立水母變得較少，而且湖面多了許多藻類，擋住了倒立水母行光合作用 。我們撈了一些海藻起來，希望對水母會有幫助	10-20 隻左右 覺得這次的水母變得更少了，最近沒有下雨所以濕地的水位下降的很多，也有倒立水母有些都擱淺在岸邊	10-20 隻左右 這次觀察到的水母似乎又更少了，岸邊也有一些被曬乾的水母	20～30 隻 這邊的數量變化不大，不像水池一數量激增
總數量(隻)	306 左右	555	660	545	**1986**



統計結果：水池一的水母多為咖啡色的小水母，數量較多。**水池一**的水母數量有上升的趨勢，從之前 300 多隻暴增到 5 百多隻。因為水池一有來自漁村莊養殖漁民抽取海水的補充，所以水位沒有明顯的下降。

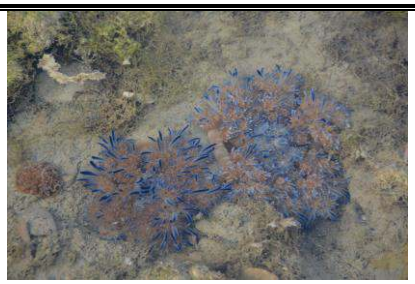
但是在**水池二**的水母大部分為彩色水母，顏色較為多變，但可能是入冬時期，雨量較少，水池二的水位明顯降低，許多水母在岸邊來不及游走結果變成水母乾，還有水池二的上面佈滿許多水藻，一次比一次嚴重，我們擔心海藻影響水母的生存空間，所以會帶撈網把水池上的海藻撈起。

我們還發現水母大部分待在靜態的水域，例如調查點 3 為流動水域，那邊基本上都是海葵，沒有看到任何的水母。

在冬季調查水母總數量約為 500 多隻，但進入夏季就暴增為 1000 多隻(圖 3)，尤其是第六區的部分，增生到將近 2000 隻，非常驚人，但第二區原本有 200 多隻水母，但再過一段時間

去看連一隻水母都沒有，因為水很汙濁，跟人為的破壞很有相關，之前看到民眾常常在這條水溝旁帶小朋友餵食魚兒，有許多的麵包屑在水溝中，久而久之水質混濁，水母就離開此區域。詢問當地人士，因水池一的水皆由養殖業者排放出來，相對穩定而且水質乾淨，所以這一區的水母繁殖得非常多。

相較於水池二的水母因為與外海接通，所以許多都流向大海，反而沒有出現像水池二增生如此多的狀況。

觀察水池一的水母數量	觀察水池二的水母數量	 水池二的彩色水母
調查點 3 的海葵	養殖漁業抽取海水架置的管線	撈除水池二上面的海藻
我們幫水清一些海藻，讓水質變乾淨些。	這是我們上次去林園濕地清的海藻，已經乾掉了。	需要急救的倒立水母(他們陷在泥土裡，我們要幫他們回到水裡

三、物種鑑定與文獻探討

(一) 物種鑑定及蒐集相關問題:

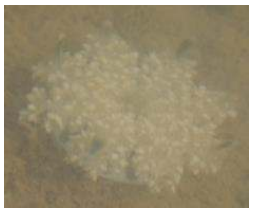
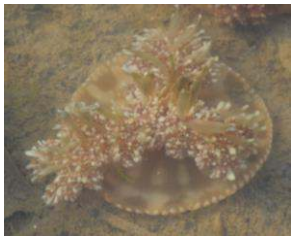
在第一次調查水母過程中，發現有許多不同型態和顏色的水母，讓我們好奇是不是有許多不同的品種？因為上網搜尋資料有限，我們用E-mail詢問大學教授，教授回覆我們這些水母屬於同一種，為*Cassiopea andromeda* 仙后水母。其口腕上有許多分叉突出的垂片，內含許多的共生藻，而造就不同的顏色。水母在不同生長期及生長的環境，其部分外形及顏色會有不同。有些體內也會也會具有藍色蛋白質色素，可避免強光輻射傷害。

另一方面我們請學校的學生一起來了解倒立水母這種生物的生態，請他們對倒立水母提出相關問題，而由我們團隊的師生找尋答案，對於學生進行水生動物的教育，希望其他學生對於倒立水母有更深一層的認識而不只僅限於本團隊的學生。(問卷整理參照附錄一)

我們根據拍照到的水母照片請教專業教授，得到以下的回覆:

觀察日期：103/12/22　觀察地點：海洋溼地公園

編號一	型態描述	教授鑑定說明
	體型較為大隻,有著深藍色的觸手,我們好奇的是那深藍色的觸手是不是他共生藻的顏色? 因為共生藻的不同導致顏色也不一樣?	依以下幾個照片看，應是 *Cassiopea andromeda* 倒立水母。其口腕上有許多分叉突出的垂片，內含許多的共生藻，而造就不同的顏色。
編號二	體型較為大隻,有著咖啡色突出的觸手,我們好奇的是為什麼有的有這些突出觸手?有的沒有?是不是大隻比較會長這些突出觸手?	有些體內也會也會具有藍色蛋白質色素，可避免強光輻射傷害。有的是共生藻，有的是含藍色蛋白質色素
編號三	觸手有八隻,咖啡色的,沒有突出型的觸手,看到的都比較小隻!	水母在不同生長期及生長的環境，其部分外形及顏色會有不同。

編號四 	這隻最特別,全部白色!觸手有八隻,白色的,沒有突出型的觸手,這隻是不是還沒有被共生藻附著上去?	水母在不同生長期及生長的環境，其部分外形及顏色會有不同。
編號五 	這隻水母的外傘圖案很特別!有16個白色突出物!不知道他們長大會不會改變傘蓋的圖案?	水母在不同生長期及生長的環境，其部分外形及顏色會有不同。
編號六 	這隻水母的外傘的紋路很漂亮! 有 18 個像光芒般的白色圖案不知這一隻和編號五是否為同一種類?	此種為 *Cassiopea andromeda* 倒立水母。
編號七 	我們發現這隻水母觸手比較少?是不是受傷或生病了?還有的水母甚至沒有觸手?這樣為常態嗎?	口腕應有四個，八個或更多的分支。可檢視口腕基部連接傘腹處，看是否有斷裂受傷或被補時攻擊而萎縮的痕跡。

(二) 文獻探討:搜尋網路上有關水母的相關資料及相關書籍， 進行閱讀、整理

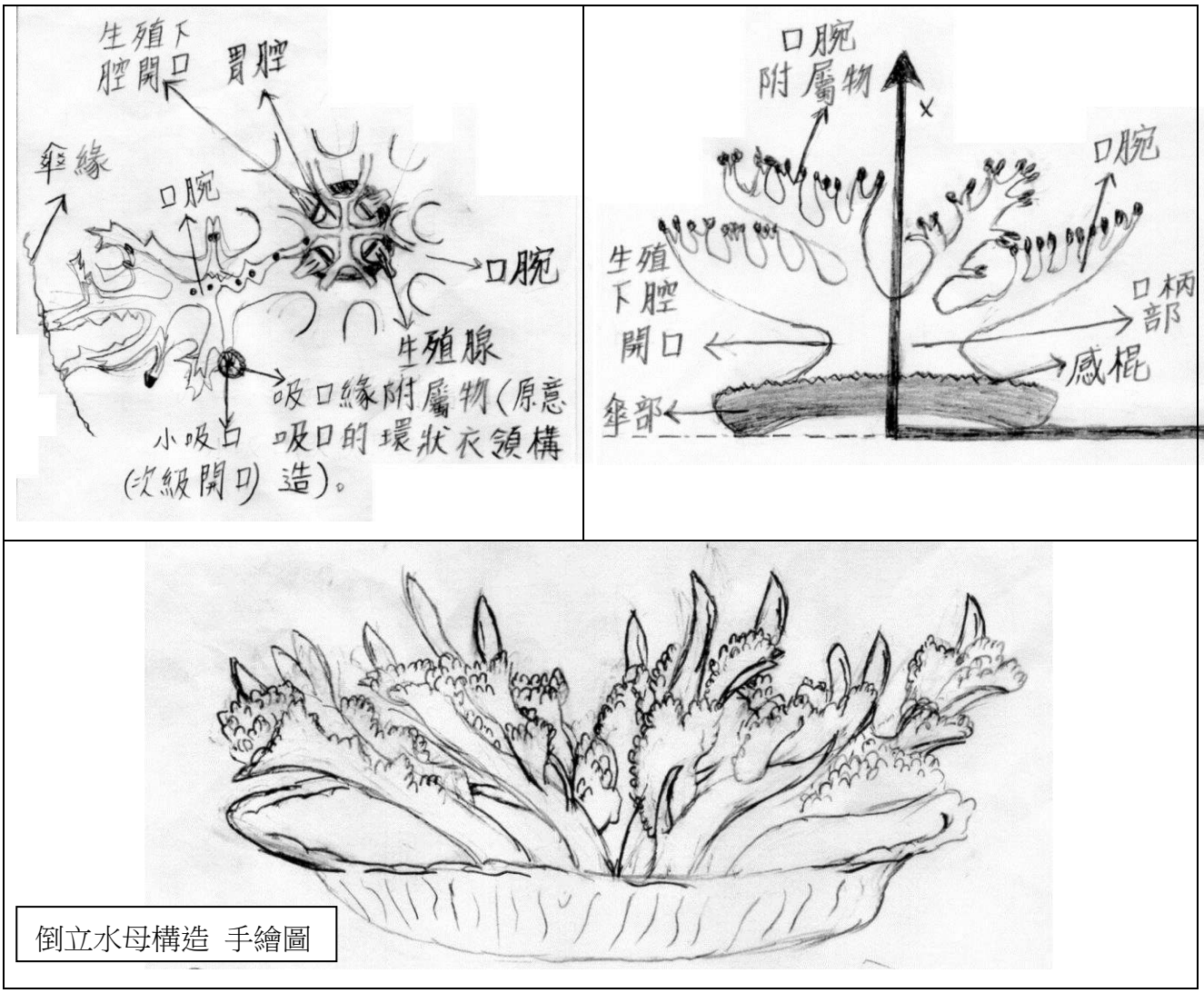
倒立水母分類地位

分類地位如下: Cassiopea andromeda, Upside down jellyfish 仙后水母 Kingdom(界): Animalia 動物界 Phylum (門): Cnidaria 刺細胞動物門 Class(綱): Scyphozoa 缽水母綱 Order(目): Rhizostomae 根口水母目 Family(科) : Cassiopeidae 倒立水母科 Genus (屬): Cassiopea 仙后座 Species (種): *andromeda* 仙女	

倒立水母在國內的相關文獻不多，我們找到一本國立海洋生物館出版的「水母繁養殖技術手冊」中介紹仙后水母(Cassiopea andromeda, Upside down jellyfish)又稱倒立水母。拉丁文學名中屬名為仙后 *Cassiopea* ，種名為仙女 *andromeda*，兩者都是星座名稱，她在海中游泳的樣子如同飄舞的仙女一般優雅，所以稱仙后中的仙女，名稱很特別！全世界有八種的倒立水母，而 andromeda 是其中的一種。

倒立水母（Cassiopea andromeda）為一種體內含有共生性蟲黃藻的缽水母類，其傘部收縮運動可引發水流，為水母帶來獵物，同時也是與外界物質交換的重要途徑。共生藻則以自水母體獲得的物質與光能行光合作用，以供應自身與宿主水母之需。

水母的基本介紹：



倒立水母構造 手繪圖

水母是無脊椎動物，水母在分類學生屬於腔腸動物，又稱為刺絲胞動物。屬於刺胞動物門中的一員，大部分水母都有三個主要部位：圓傘狀或是鐘狀的身體，觸器和口腕。 水母鐘狀身體下面有一些特殊的肌肉能擴張然後迅速收縮，把身體內的水排出體外，通過噴水推進的方法，水母便能向相反的方向游動。

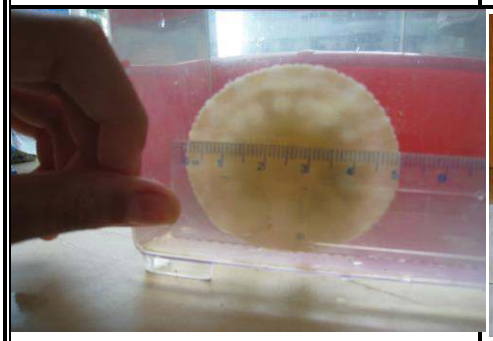
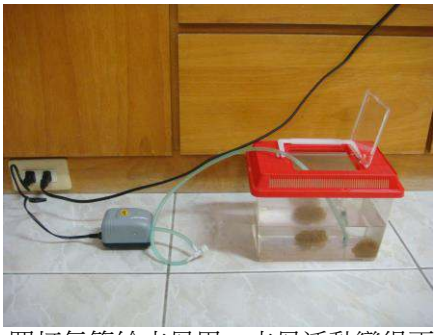
水母體內百分之九十五是水，百分之二是蛋白質，百分之三是鹽。水母會電人嗎?答案是不會的!我們常被電視卡通裡的海綿寶寶給誤導了，水母的觸手上會有仿若槍械般的武器—刺絲胞。這刺絲胞其實是一種小毒刺，遇到危險或是獵物，會如同開槍般，射出這些刺絲胞，再藉由刺絲胞的毒液，讓獵物手到擒來，或是讓天敵知難而退，但所幸，大多數的水母並沒有這麼毒，被毒性較弱的水母螫到，可能會如同被蚊蟲叮咬或是有麻麻的感受，就像是被電到一般，這也是為什麼人們會說水母有「電」的原因。而萬一被水母螫到，產生很不舒服的感覺，記得不要隨便用尿液塗抹，避免感染，要趕快送醫，這才是最正確的方式。

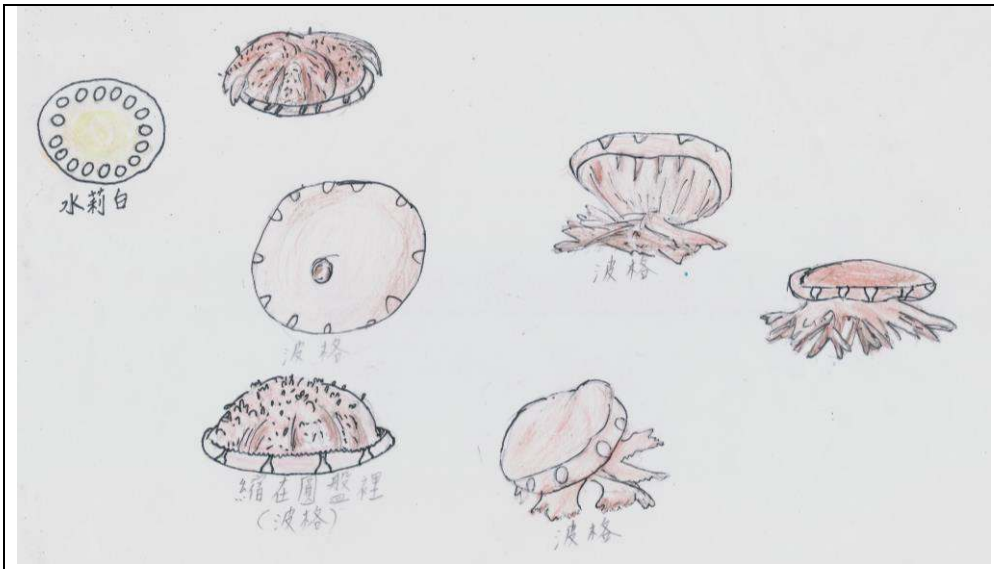
三、 飼養觀察：

一、從林園濕地取數隻倒立水母飼養於飼養箱中，觀察紀錄其行為，再放回水生池。從林園濕地撈取倒立水母的位置，大多都為岸邊為主。

二、以數位相機拍照記錄並寫觀察日誌

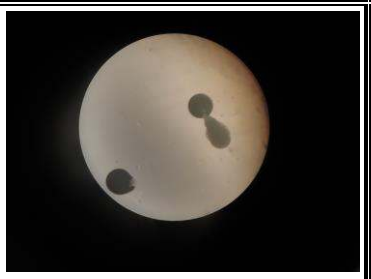
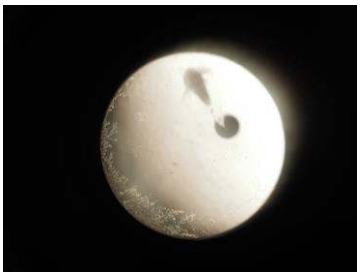
三、孵化豐年蝦來餵食水母

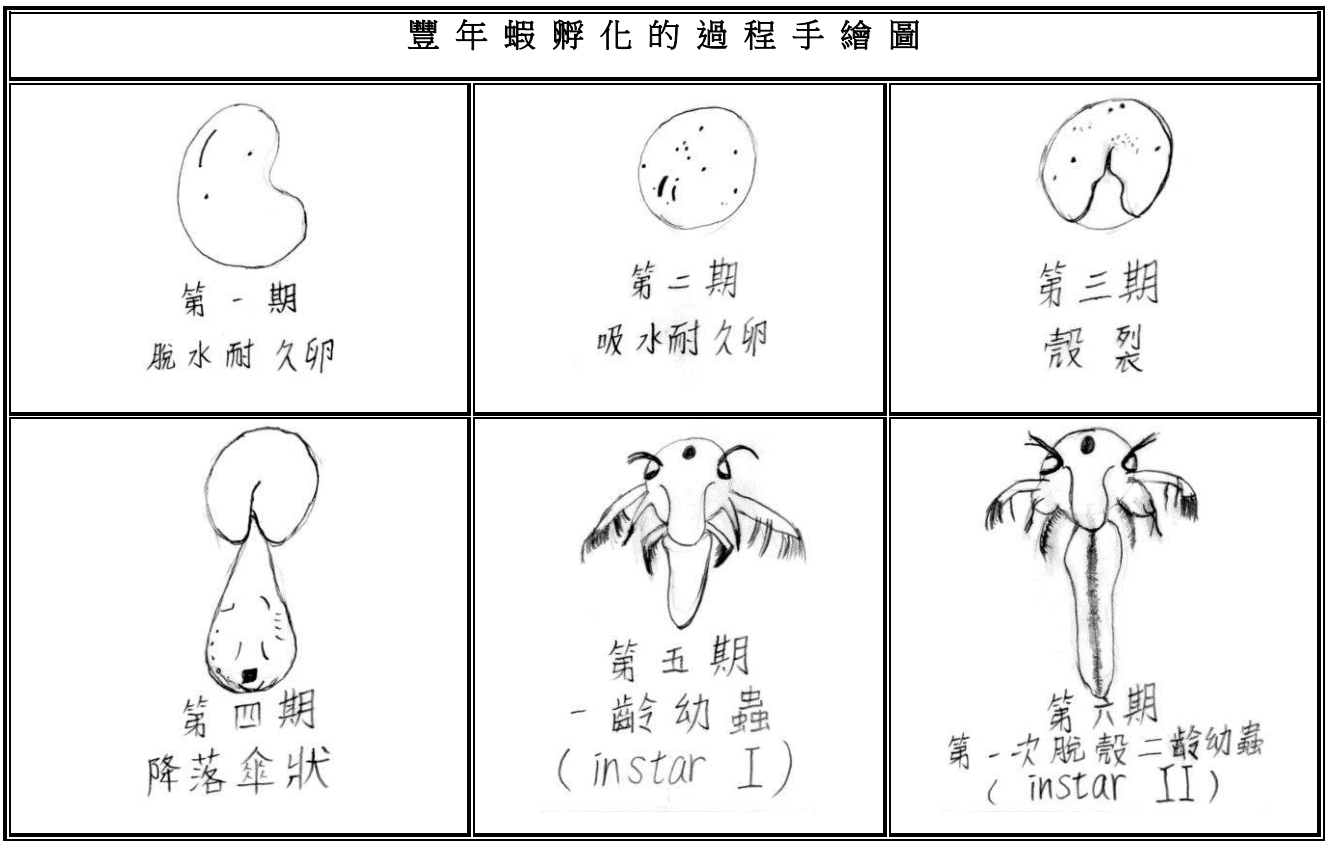
倒立水母最常出現的姿態	顏色較為淺色的水母	水母上面圓傘狀鍾狀的身體
 用尺測量倒立水母直徑的大小	 買打氣筒給水母用，水母活動變得更好了	倒立水母有時也會翻轉過來游到水缸上方，水母有時會游到打氣筒出氣的位置



為了要觀察倒立水母與光的反應，我們需要飼養倒立水母，所以找了一些書籍與請教專家，專家建議我們使用「豐年蝦」來餵食水母，所以我們從坊間水族館買回豐年蝦卵來孵化豐年蝦，之後再來餵食倒立水母。

基本上我們利用海水和淡水 1:1 的方式來孵化豐年蝦(也可以 600 克淡水加 5 公克鹽巴調勻來孵化)，最重要是要使用打氣筒，讓豐年蝦卵可以經過氣泡的翻滾和打氣更加容易孵化。也可用淺盤孵化法，但孵化率沒有像打氣筒那樣的高，大約經過 2-3 天豐年蝦大約就孵化出來了，我們也利用顯微鏡來觀察豐年蝦孵化的情形，從卵殼中孵化出來這也令我們非常驚艷！我們耐心等待，有些豐年蝦從卵殼中跑出來，可以看到他活動力很強的樣子，到處遊走！

用淺盤孵化	用打氣筒打氣 讓豐年蝦更快孵化	用鹽水加淡水孵化
觀察豐年蝦的孵化情形	 顯微鏡下豐年蝦即將脫離卵殼	 豐年蝦脫離卵殼的狀態



五、觀察日誌

觀察日誌中提到當餵食豐年蝦時，水母會從觸角分泌出白白的東西，來捕食豐年蝦。豐年蝦被分泌物碰到後就會被黏住。其他的同學也有觀察此現象，有的同學以為是水母的排泄物，但我們查到文獻的研究中顯示成體Aurelia aurita會利用傘布收縮將獵物運送至水母一排觸手和外胚層的內緣，水母的黏液和獵物即會累積在食物溝(Orton ,1992;Southward,1995)，所以分泌白色黏液有助於獵捕豐年蝦，增加進食機會。

水母也喜歡游到打氣孔的下方，有時候會自己游到飼養缸上面，增加吸氧量。有學生觀察有的水母會產生碎片，而碎片脫離個體居然還會收縮，對此感到非常驚訝！我們詢問教授的回覆關於碎片的收縮是很正常的狀態，因為圓盤狀身體分布著一圈圈的環肌，以及從中央向周圍放射狀部分的縱肌。碎片中的肌肉組織仍能持續收縮一段時間，有些種類的水母，其較大的碎片還可以再生而成另一個個體呢！很神奇！

六、實驗設計

A 實驗：比較晚上和白天收縮次數是否有差異

B實驗：比較用手電筒照射和沒被手電筒照射收縮次數的差異

C實驗：倒立水母對於暗區和亮區的選擇性

D實驗：不同個體大小的倒立水母對三個連續性光照梯度的選擇

E實驗：比較水母大小與收縮次數是否有差異(大小隻水母的比例直徑為1：2)

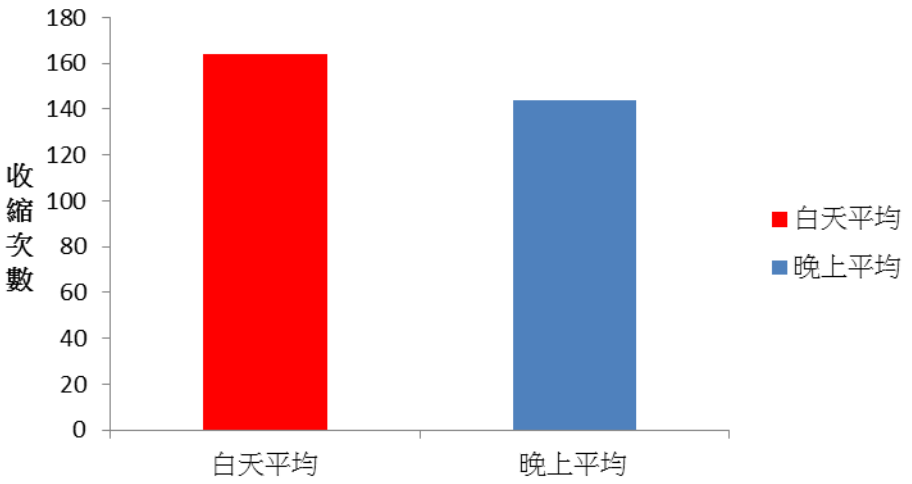
F 實驗：有餵食豐年蝦與無餵食豐年蝦時收縮次數的差異(每次餵食豐年蝦約 10CC)

我們各自帶2隻水母回去家中做觀察，以便觀察比較之用，另外也有在校實驗部分，共分為以下分為A、B、C、D、Ｅ、F 實驗來進行(表一、表二、表三、表四、表五、表六)

表一、A 實驗：比較晚上和白天收縮的情況是否有差異

日期	第一次	第二次	第三次	白天平均	日期	第一次	第二次	第三次	晚上平均
104/1/12	187	175	184	182	104/1/12	147	156	145	149
104/1/13	190	177	184	184	104/1/13	116	163	181	153
104/1/14	128	139	145	137	104/1/14	141	147	138	142
104/1/15	146	157	180	161	104/1/15	136	121	137	131
104/1/16	167	142	146	152	104/1/16	123	123	124	123
104/1/17	164	140	146	150	104/1/17	144	144	128	139
104/1/18	157	138	152	149	104/1/18	116	121	131	123
104/1/19	193	148	160	167	104/1/19	139	121	138	133
104/1/20	171	170	168	170	104/1/20	151	152	151	151
104/1/21	164	170	186	173	104/1/21	155	148	169	157
104/1/22	181	169	186	179	104/1/22	121	171	153	148
104/1/23	139	169	168	159	104/1/23	136	160	168	155
104/1/24	166	158	183	169	104/1/24	148	170	191	170
104/1/25	153	158	167	159	104/1/25	145	164	128	146
總平均			164						144

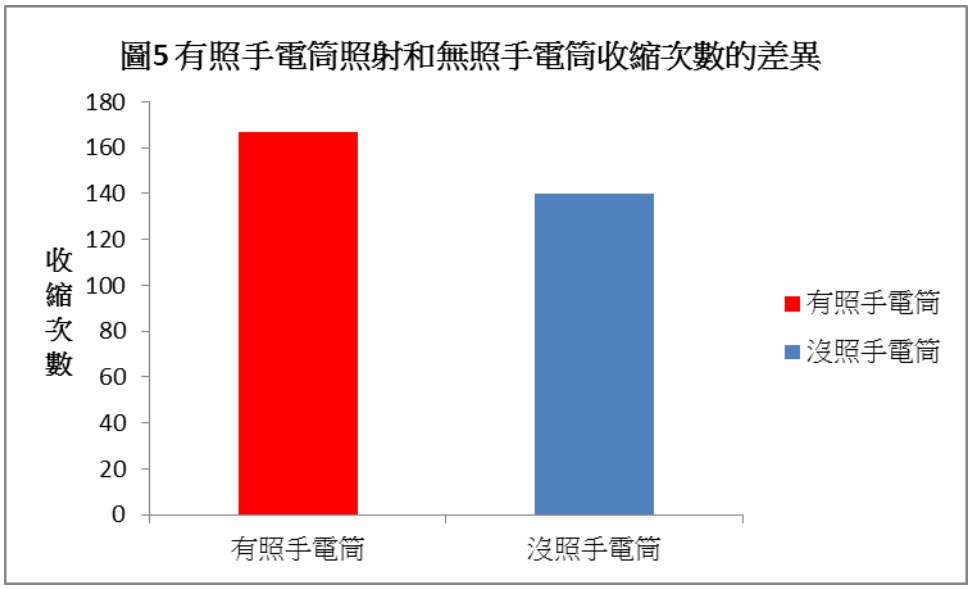
圖4 白天和晚上收縮次數差異比較



結果：白天收縮次數比晚上收縮次數較為多(圖 4)。因為白天晚上光照的差異導致倒立收縮次數不一樣，所以我們想試看看用不同光源照射倒立水母會不會有同樣的反應，所以設計了 B 實驗(用手電筒照射倒立水母)。

表二、 B 實驗：比較用手電筒照射和沒被手電筒照射收縮的差異

日期	第一次	第二次	第三次	有照手電筒平均	日期	第一次	第二次	第三次	沒被照手電筒平均
104/1/7	234	223	213	223	104/1/7	109	134	138	127
104/1/8	128	130	147	135	104/1/8	85	90	94	90
104/1/16	155	190	141	162	104/1/16	124	123	117	121
104/1/17	164	167	162	164	104/1/17	139	164	128	144
104/1/18	188	144	145	159	104/1/18	116	121	131	123
104/1/21	177	129	128	145	104/1/21	164	170	186	173
104/1/22	162	129	145	145	104/1/22	121	171	153	148
104/1/23	173	161	177	170	104/1/23	136	160	168	155
104/1/24	154	155	180	163	104/1/24	148	170	191	170
104/1/25	159	223	238	207	104/1/25	145	164	128	146
總平均				167					140



結果：用手電筒照射收縮次數比沒用手電筒收縮次數較為多。 我們發現倒立水母對於光源有很明顯的反應，讓我們也很好奇如果把牠們擺在暗區，他們會不會集體移到有陽光的地方，於是我們設計了 C 實驗(倒立水母對光區或暗區的選擇) 。

C 實驗：倒立水母對光區或暗區的選擇

實驗器材：照度計、(長 x 寬 x 高) 44cm x 30cm x32cm)水缸一個、黑色瓦楞板、膠帶

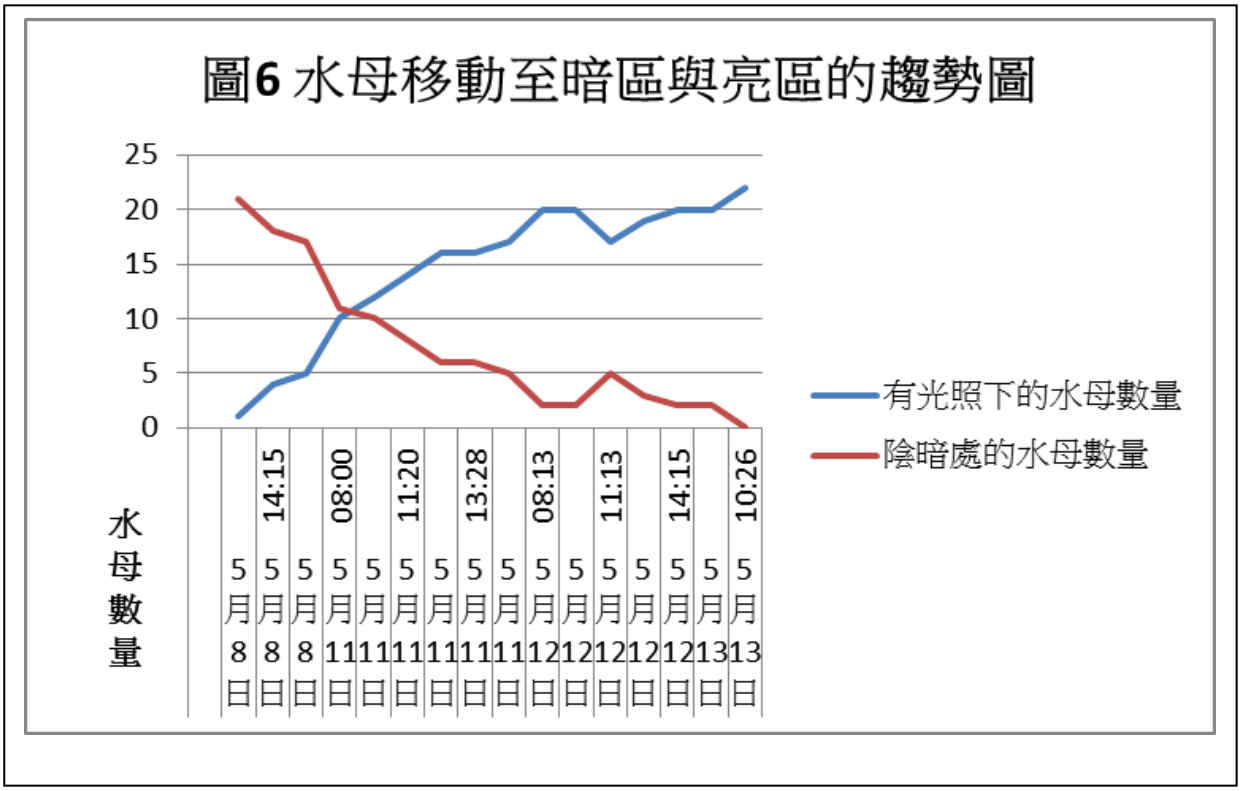
實驗過程：我們用黑色瓦楞板將水缸遮蔽一半，分為亮區和暗區，用照度計測量確定是否有明亮度的區別，後來我們發現玻璃和水都會反光，所以將瓦楞板貼在玻璃內側和底部，確定暗區是沒有光源再來進行實驗。

後來我們挑選 22 隻大約傘徑為 2CM 的倒立水母進行實驗，之前沒有進行餵食，把他們放置暗區，觀察他們移動的情形。

表三

日期	時　　間	有光照下的水母數量	陰暗處的水母數量
第一次實驗			
5/8	12:30	0	22
5/8	13:00	1	21
5/8	14:15	4	18
5/8	15:00	5	17
5/11	8:00	10	11
5/11	8:13	12	10
5/11	11:20	14	8
5/11	12:53	16	6
5/11	13:28	16	6
5/11	14:12	17	5
5/12	8:13	20	2
5/12	9:27	20	2
5/12	11:13	17	5
5/12	12:50	19	3
5/12	14:15	20	2
5/13	8:20	20	2
5/13	10:26	22	0

日期	*時　　間*	*有光照下的水母數量*	*陰暗處的水母數量*
第二次實驗			
5/14	*8:30*	*0*	*22*
5/14	*10:20*	*4*	*18*
5/14	*11:18*	*4*	*18*
5/14	*12:50*	*4*	*18*
5/14	*15:05*	*4*	*18*
5/15	*8:35*	*7*	*15*
5/15	*9:20*	*7*	*15*
5/15	*10:20*	*7*	*15*
5/15	*13:30*	*11*	*11*
5/15	*14:20*	*11*	*11*
5/15	*15:12*	*11*	*11*
第三次實驗			
5/19	*8:40*	*0*	*22*
5/19	*9:23*	*6*	*16*
5/19	*10:20*	*7*	*15*
5/19	*12:32*	*17*	*5*
5/19	*14:17*	*18*	*4*
5/20	*8:22*	*22*	*0*
第四次實驗			
5/20	*8:27*	*0*	*22*
5/21	*10:16*	*20*	*2*



把水缸區隔為暗區和亮區	用照度計測試亮度	確定有明暗之分

結果：

倒立水母選擇往亮區移動，雖然時間長短不一，但對於光的需求是確定的。倒立水母會選擇有光源的地方移動，這讓我們想到如果有個長水槽，應該會讓實驗的效果更為明顯，所以我們參考了(2010，沈芮莎，共生性倒立水母之光生物研究)，利用其中的長形水槽，但我們好奇個體大小是否也會對光環境選擇度有所差別？之前的實驗挑選了傘徑約 3~4mm 的水母，而我們挑選了個體更為大隻的倒立水母，進行另一方面的研究。所以我們設計了 D 實驗。

D 實驗：倒立水母對三個連續性光照梯度的選擇

實驗器材：（150cm×20cm×20cm）長形水槽、照度計、黑色瓦楞板、膠帶、黑色網子

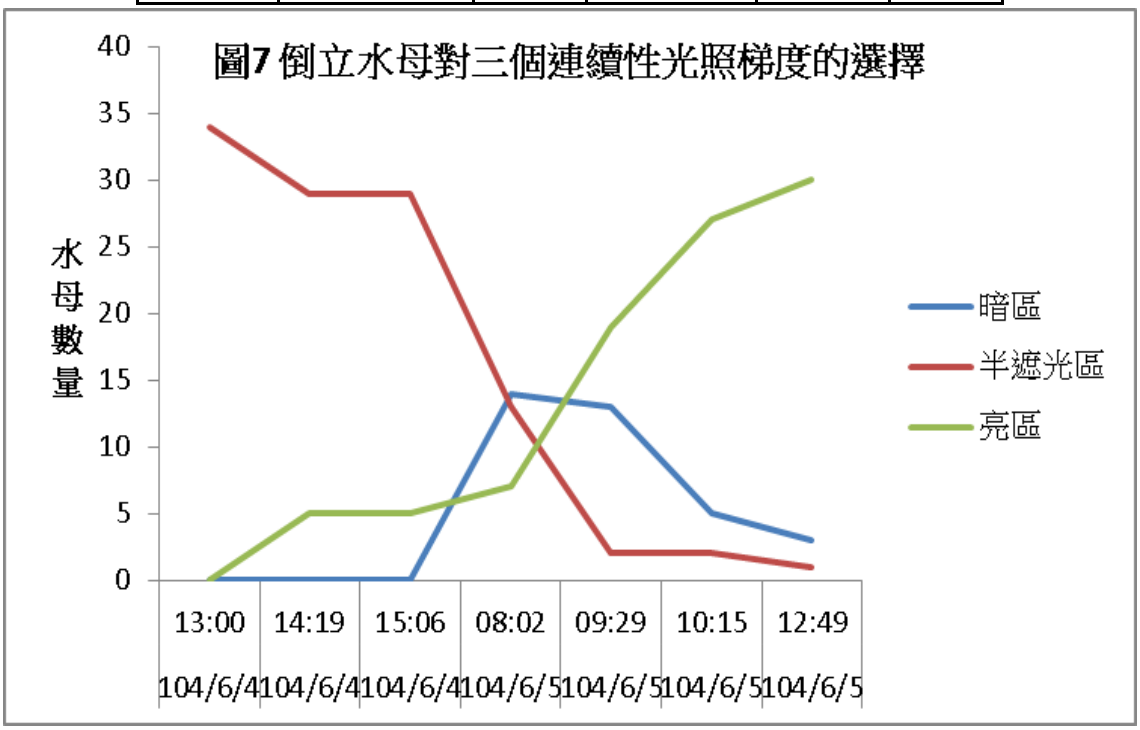
實驗過程：

1. 將水槽分成3個等長的區域(各50CM)，其中左側區域用黑色瓦楞板全部遮光，為全暗區；中間區域包覆2層塑膠黑網，右側區域則不做處理，形成長度各50cm之全遮光、半遮光與不遮光的三個連續性光照梯度。
2. 選定日照充分的教室頂樓，並離地面約70CM，壁面地熱影響水溫。並將乾淨海水注入長形壓克力水槽（150cm×20cm×20cm）內，使水深約達10cm，我們用塑膠瓦楞板與塑膠防水布製作更大的水槽容納長形水槽並以水浴法控制水溫。
3. 挑選34隻傘徑約2CM的個體，放在中間半遮光區。從08:00~16:00，每節下課觀察、記錄所有個體的分布位置，以瞭解水母對光線強度的偏好。 如果有超過30之水母游向亮區，我們會再重新再做一次實驗

自製大水槽容納長形水槽 	把水槽放置離地面 70CM 處 	用水浴法控制水槽裡的水溫
先把水母放置半遮光區(中段) 	後來都跑至亮區 	幫水母換水

表四

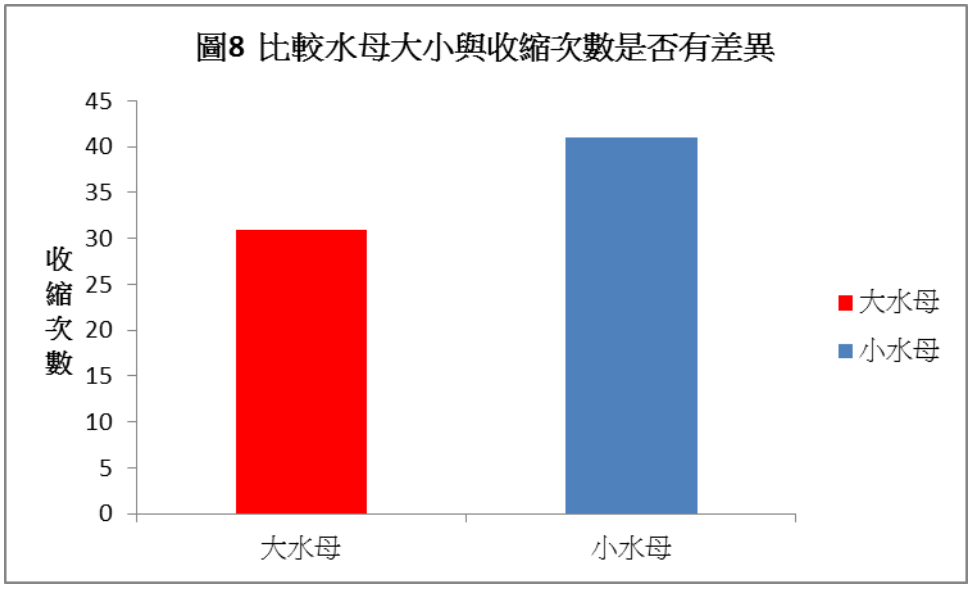
第一次實驗					
日期	時　　間	暗區	半遮光區	亮區	水溫
104/6/4	8:30	0	34	0	35
104/6/4	10:15	3	4	27	35
104/6/4	11:17	3	2	29	31.2
104/6/4	12:25	0	0	34	37
第二次實驗					
日期	時　　間	暗區	半遮光區	亮區	水溫
104/6/4	13:00	0	34	0	36
104/6/4	14:19	0	29	5	35
104/6/4	15:06	0	29	5	34
104/6/5	8:02	14	13	7	28
104/6/5	9:29	13	2	19	34
104/6/5	10:15	5	2	27	35
104/6/5	12:49	3	1	30	38
第三次實驗					
104/6/6	12:00	0	34	0	33
104/6/6	13:12	0	5	29	31
104/6/6	14:12	0	3	31	31



結果：放置於半遮光區的水母幾乎都往亮區移動，有時只花半天時間就全部移至亮區，雖然時間長短不一，但往亮區的移動的趨勢是明顯的(圖 7)。牠們會群體擠在角落邊

表五、E 實驗：比較水母大小與收縮次數是否有差異

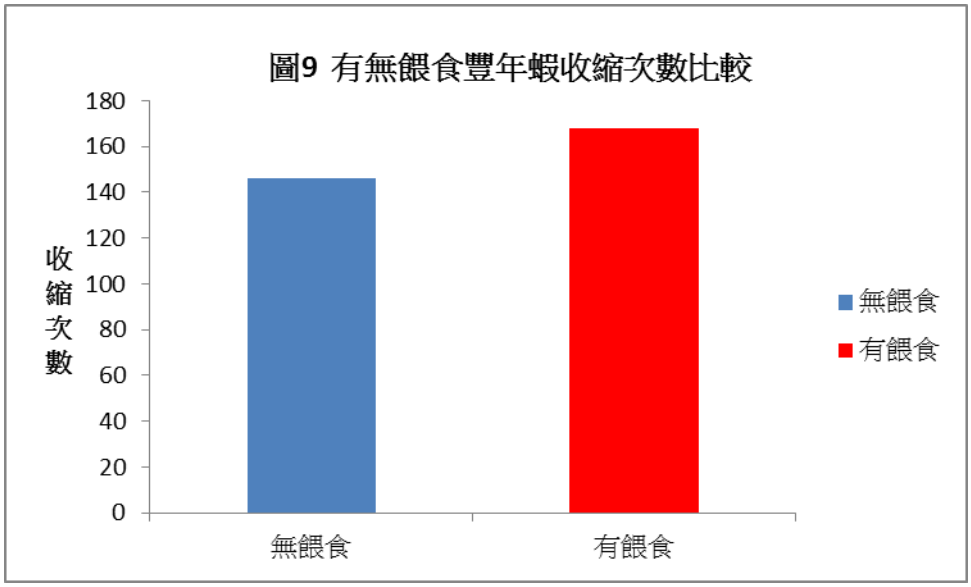
日期	第一次	第二次	第三次	大水母	日期	第一次	第二次	第三次	小水母
104/1/6	30	25	27	27	104/1/6	38	35	19	31
104/1/7	28	23	25	25	104/1/7	30	29	31	30
104/1/11	29	27	31	29	104/1/11	27	30	28	28
104/1/16	21	23	24	23	104/1/16	34	37	33	35
104/1/17	47	43	46	45	104/1/17	66	59	63	63
104/1/18	33	30	34	32	104/1/18	42	45	46	44
104/1/20	39	36	38	38	104/1/20	57	56	56	56
總平均				31					**41**



結果顯示：小水母收縮次數比大水母較為多(圖 8)。

表六、F 實驗：有餵食豐年蝦與無餵食豐年蝦收縮次數比較

日期	第一次	第二次	第三次	無餵食	日期	第一次	第二次	第三次	有餵食
2015/1/11	116	110	118	115	2015/1/11	224	197	197	206
2015/1/12	166	155	102	141	2015/1/12	164	134	174	157
2015/1/13	216	181	171	189	2015/1/13	189	177	191	186
2015/1/14	153	161	150	155	2015/1/14	156	214	171	180
2015/1/15	136	121	137	131	2015/1/15	152	152	180	161
2015/1/16	123	123	124	123	2015/1/16	165	210	174	183
2015/1/17	144	144	128	139	2015/1/17	149	159	211	173
2015/1/18	116	121	131	123	2015/1/18	111	141	159	137
2015/1/19	139	121	138	133	2015/1/19	149	130	137	139
2015/1/20	151	152	151	151	2015/1/20	134	148	148	143
2015/1/21	174	194	168	179	2015/1/21	164	170	186	173
2015/1/22	121	171	153	148	2015/1/22	137	156	153	149
2015/1/23	136	160	168	155	2015/1/23	180	184	194	186
2015/1/24	147	170	191	169	2015/1/24	178	225	146	183
2015/1/25	145	126	128	133	2015/1/25	160	173	169	167
總平均				146					168



結果顯示：有餵食收縮次數比無餵食豐年蝦收縮次數較為多(圖 9)。

伍、實驗結果與討論

一、A 實驗結果：白天收縮次數比晚上收縮次數多

討論：本研究發現，倒立水母對於光的反應，也有明顯的變化，在白天日照與手電筒照射之下，收縮次數都比較多，我們推論因為有光源的的地方可行光合作用，同時增加其能量和養份的提供，倒立水母顯得更有活力。(2010，楊絲茜的研究)中指出水母的幼體需要較多的光源行光合作用，頻繁的收縮有利於水母的移動至光源較多的地方，同時也增加獵捕食物的機會。我們好奇詢問教授倒立水母是否具有感光器官，教授回覆倒立水母所屬的缽水母綱物種皆有感光之眼點構造（特化之神經組織），甚至其透明身體內部的神經組織亦可能具有直接感光之功能，進而對光環境做出選擇。所以更加確定倒立水母對於光有直接的感應。

二、B 實驗結果：用手電筒照射收縮次數比沒用手電筒照射收縮次數較為多。

討論：本實驗結果如我們預期，倒立水母對光有絕對的反應，遇到有光源的地方收縮次數會變多。

三、C 實驗結果：倒立水母大部分的個體朝向光強度較強的一端移動，基本上對於光的有明顯的需求。

四、D 實驗結果：放置於半遮光區的水母幾乎都往亮區移動，有時只花半天時間就全部移至亮區，雖然時間長短不一，但往亮區的移動的趨勢是明顯的。時間也有縮短的情況。而且牠們會群體擠在角落邊。

討論：大小不同的個體對於光的選擇有差別，能量策略有所不同，越大的個體對於日光（或說對於共生藻的光合作用）需求越多。

五、E 實驗結果：小水母收縮次數比大水母較為多。

討論：傘徑較小的個體收縮次數比傘徑較大的個體為多，Matthew&Jason(2003)研究 Aurela aurita 利用傘部的收縮引發水流讓整個個體前進的現象時，發現其傘部收縮速率隨著傘徑越大而減少，以減少能量之消耗 ，傘徑越大收縮次數越少。這也與(2010)楊絲茜的碩士論文中研究結果相符。我們討論出小隻的倒立水母需要更多的養分成長，所以需要不斷的收縮，移到光源充足的地方行光合作用產生養分，另一方面需要頻繁的收縮引發水流帶來獵物以利捕食助其生長。

六、F 實驗結果：有餵食收縮次數比無餵食豐年蝦收縮次數較為多。

討論：學生看到水母收縮的時候，水流開始擾動，雖然他沒有移動身體，但他利用水流來捕食豐年蝦，是一種很特別的補食方式！當把豐年蝦滴入水缸中，水母的收縮次數變快了， 變得好活潑！餵食豐年蝦的水母收縮次數較多，我們推測倒立水母利用傘部收縮行為影響水流進而使水母有利於自身捕食行為，而傘徑較大的倒立水母因個體較大，收縮時水流也較大，所以不像小水母需要頻頻收縮以爭取更多的捕食機會。

七、田野調查部分：我們發現調查點 3 的地區因屬於水流快速區，那邊看不見任何一隻水母，都是海葵。對於水母大部分出現在靜態水域和海葵出現在水流較急的區域這項觀察，我們推論因為海葵的基部可以附著在石頭、礁岩、貝類和螃蟹上，所以不怕被水沖走，而水母沒有辦法攀附在其他物體上，水流來了容易被沖走，所以他們大多待在水流較緩慢的水域。

此次研究季節為冬季，夏季時節佔一小部分，發現進入夏季，水母增生的情況很多，有非常明顯的差異，這讓我們想到新聞曾出現全球暖化導致某海域的水母增生之報導。水溫的高低是否影響水母的收縮次數和族群消長的情況，這些都是未來可以研究的方向和持續監測的目標。

在這次調查水母的期間，我們發現了許多現象，例如倒立水母幾乎都生長在淺水區，淺水區有許多的生長危機：

（1）當水位降低時，若來不及回到深水中，就會被曬成水母乾。

（2）容易受到人為干擾。如拿棍子將水母翻轉過來，讓牠觸手朝下，為了就是要看牠翻轉成倒立的可愛模樣。在觀察期間，還遇到有國中生拿石頭丟水母，以此為樂，經我們的勸導才停止此行為。

（3）容易被岸邊植物如海藻及紅樹林的氣生根困住而阻礙活動甚至死亡。

（4）容易被捕捉。只要站在岸邊用網子，就能捕捉水母。還好，目前並沒有發現大量捕捉的情形發生。

（5）如果沒有海水養殖業，就不會再抽取海水，倒立水母可能會因為沒有海水供應而消失。

（6）人類因餵食摩利魚而污染了水源。此公園除了有倒立水母外，還有海葵及摩利魚，經常看見大人及小孩，帶著麵包來餵魚。如此，會汙染水源，並不利水母的生長。

（7）公園內禁止釣魚，還是會看到來此釣魚的人。魚餌會污染水源，魚鉤會傷害水母。應設立警告標示、加強取締並宣導。

所以針對以上倒立水母的生長危機，我們需要更多有關倒立水母的資訊，培訓解說員(不分成人或小孩)，讓當地民眾了解倒立水母的生態行為，亦可成立巡狩隊，加強維護溼地的水質監測，除了不破壞棲地之餘還能愛護牠們。

台灣沿海有許多地方都有抽取海水，進行海水養殖的現象，但是，在我們的詢問及調查中發覺，目前在林園區發現倒立水母，對於別的區域是否也有出現倒立水母？這也令我們好奇，所以若是有機會也可以做更深入的探討。

陸、結論

一、白天的收縮次數比晚上較為多。收縮頻率增強以便游向有光照的地方行光合作用。

二、手電筒照射的狀況下，收縮次數也較多。日光和手電筒的照射差異沒有明顯的差別。

三、倒立水母大部分的個體朝向光強度較強的一端移動，基本上對於光的有明顯的需求。

四、倒立水母除了朝向有光源的地方移動之外，大小不同的個體對於光的選擇有差別，能量策略有所不同，越大的個體對於日光（或對於共生藻的光合作用）需求越多。相對於游向光區的時間縮短。

五、較大的個體，收縮次數較少。基本上大水母收縮時水流較大，獵捕到食物的機會較多，不像小水母需要收縮頻率較多，爭取較多的獵食機會。較小的幼體也需要較多的光源讓蟲黃藻行光合作用以製造養分，所以收縮頻率較多以利游向光源較多的地方。

六、餵食豐年蝦時的收縮次數也較多。當水母感受到有獵物時，會增加收縮次數，以利水流的擾動，加上分泌白色黏液，增加獵捕食物和進食的機會。

七、調查夏季水母的數量比冬季來得多，有倍增的趨勢，與氣溫的改變和當地養殖業排放水有很大的關連性。

柒、研究報告的應用

林園海洋溼地出現如此有趣奇特的倒立水母，此處已規劃為「海洋溼地公園」並由「林園紅樹林保育學會」認養，負責保育、復育及教育的工作。在調查期間，常見學校老師帶領著學生到此地生態教學，可見海洋溼地公園的成立對於溼地生態教育有一定程度的助益，應持續宣導與教育，讓民眾也漸漸有保育溼地的觀念。

我們把研究過程中所學的帶到展場與林園溼地中與當地民眾解說與分享，這樣台灣沿海

少見的景象，群聚如此多的倒立水母是林園珍貴的生態資產。許多遊客也都是耳聞有倒立水母在此地出現，前來觀賞，希望藉由我們的研究報告與解說，讓大家了解高雄林園不只有工廠和煙囪，這裡也有美麗的海洋生態文化，要更珍惜且愛護她。

來到林園山濕地為民眾解說	解說水母的生態	在展場為民眾解說

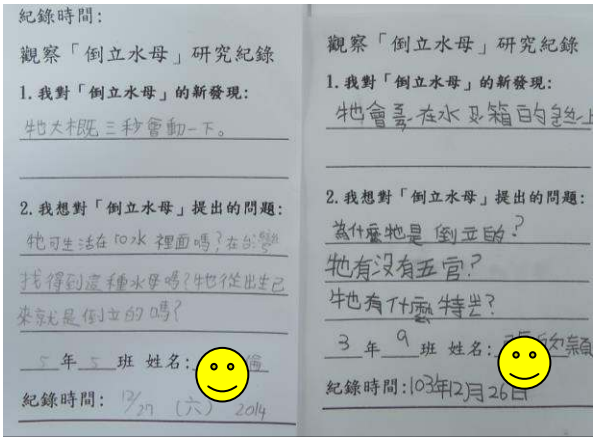
捌、參考資料

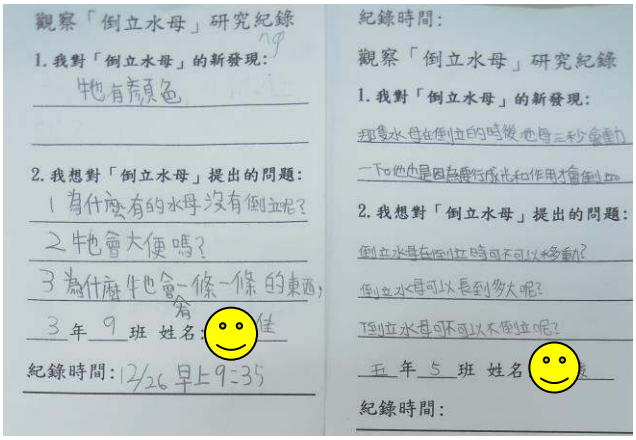
1. 蕭澤民（2010）。水母繁養殖技術手冊。屏東縣。國立海洋生物博物館出版。
2. 郭豫斌（2013）。自然博物館-珊瑚、水母、熱帶魚。中國。人民東方出版社。
3. 陳怡伶（2002）。屏東大鵬灣海月水母族群動態即時性研究。國立中山大學海洋資源研究所：碩士論文。
4. 楊絲茜(2010) 。倒立水母之光生物學研究。國立中山大學海洋生物科技暨資源學系：碩士論文
5. 沈芮莎 (2010) 。共生性倒立水母(Cassiopea Andromeda)之光生物研究。高雄市立高雄女子高級中學。台灣國際科學展覽會優勝作品專輯。
6. 羅文增。認識水母。保護動物協會發行之雜誌。2014 年 12 月 29 日，取自 http://www2.nsysu.edu.tw/MR/news/mrnews01.htm
7. Orton,J.H (1992).The mode of feeding of the jelly-fish,*Aurelia* aurita,on the smaller organisms in the plankton.Nature(London)110:178-179
8. Southward, A J. (1995) obeservations on the ciliary currents of the jellyfish Aurelia aurita.Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 34:210-216
9. 國立台灣海洋大學海洋教育網。海底總動員-刺絲胞動物。2014 年 12 月 15 日，取自 http://sea.ntou.edu.tw/
10. 維基百科。水母的基本資料。2014 年 12 月 20 日，取自 http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E6%AF%8D
11. 民視新聞報導(2014.10.28) 。倒立水母現身林園濕地。2014 年 12 月 18 日，取自 https://www.youtube.com/watch?v=WxUiSx_oJ44
12. 中時新聞報(2014.10.28) 。 有毒！濕地公園 五彩「倒立水母」暴增。2014 年 12 月 18 日，取自 http://www.chinatimes.com/realtimenews/20141028003175-260401

附註一：

學生問題的資料整理:

問 題 Q＆A





我們發放問題單讓學生自由提出問題，之後進行問題探討與探討。對於學生的問題我們也查資料給與回覆!

學生提的問題	科展學生蒐集資料進行解答
Q１：牠如何繁殖？	A１：水母雌雄異體，有生殖腺在近胃囊處。成熟的精子流入雌水母體內受精。受精卵發育成幼蟲離開母體，在水裏游動一會兒後，沉下海底形成幼體，後變成橫裂體，橫裂體分裂成多個碟狀幼體，再發育成水母成體
Q2：倒立水母有分男生和女生嗎？	A２：有些倒立水母是雌雄異體的，有些倒立水母有分男女的。
Q３：牠吃什麼？	A３：浮游生物。
Q４：牠有嘴巴嗎？	A４：有。
Q５：牠的平均年齡是多久？	A５：數個月。
Q６：牠會排泄嗎?	A６：會。
Q７：牠可以生活在ｒｏ水裡嗎？	A７：不行。他只能活在海水裡。
Q８：台灣有這種水母嗎？	A８：有。
Q９：為甚麼牠要倒立？	A９：因為牠要讓共生藻行光合作用。
Q１０：牠有沒有五官？	A１０：只有嘴巴。
Q１１：最大體型是多少？	A１１：約直徑 20 公分。
Q１２：牠倒立時可以移動嗎?	A１２：可以。

Ｑ１３：牠可以不倒立嗎?	Ａ１３：可以。在林園濕地和飼養的階段他有時會不倒立，翻轉過來游泳。
Ｑ１４：牠是由什麼組成的？	Ａ１４：體內有９５％是水，３％是鹽，２％是蛋白質。
Ｑ15：倒立水母的觸手有什麼用處？	Ａ15：倒立水母的觸手，可以感到物體的運動，幫助他們尋找食物。
Ｑ16：倒立水母怎麼消化食物？	A16：倒立水母利用口腕內無數的小型開口，以纖毛製造水流將食物帶入，經口腕進入消化腔。
Ｑ17： 倒立水母的特徵？	A17：大部分水母都有三個主要部位：圓傘狀或是鐘狀的身體，觸器和口腕。
Ｑ18：倒立水母晚上會回復正常狀態嗎?	A18：經過飼養之後，發現倒立水母晚上或沒有光照時，依然呈現倒立狀態，變成一種常態。
教 授 回 答 小 朋 友 提 出 的 問 題	
小朋友常見的問題: Q&A	**教 授 的 答 覆**
Q1：倒立水母吃什麼?	A1：倒立水母亦可藉由共生藻行光合作用，提供相當大比例的能量物質來源部份
Q2：倒立水母有分公母嗎?	A2：有（有性世代個體）
Ｑ３：如果不照光對他會有影響嗎?會死掉嗎?	Ａ３：應不會。在黑暗環境下，如仍有浮游動物食物的話，可藉由捕食方式獲得食物。
Ｑ４：倒立水母為什麼在台灣只出現在林園濕地?他原本的發源地在何處?(他住在深海還是淺海?)	Ａ４：在台灣許多沿岸濕地及臨海養殖池均可發現
Ｑ５：倒立水母容易飼養嗎?	Ａ５：比其他大型缽水母容易飼養些
Ｑ６：牠的生長週期為多久?	Ａ6：不一定，一般大洋缽水母體壽命可達一年，但是有些物種之無性水螅芽體可活存達數年至數十年。

附註二：

觀察日誌

12/28	很健康，無大礙。
12/31	想到一個問題：他什麼時候睡覺？今天水莉白的觸角收縮時張開比較大，是不是因為吃了食物的關係？
104/1/1	今天波格好像生病了。牠身上有個白白細細的東西，不知道是不是排泄物？（但看起來不像）。水莉白和波格都會擠在一起，不知道為什麼。
1/2	我覺得波格真的生病了，牠的鐘型（圓盤）縮小了，觸角也是，整個縮在圓盤內，擠成一團。水莉白很健康，依然很有活力。今天幫他們換完水後，餵豐年蝦給他們吃，他們好像從觸角分泌出白白的東西，來捕食豐年蝦。豐年蝦被分泌物碰到後就會被黏住。晚上發現波格的觸角已沒有縮在一起，應該是吃了食物的關係。
1/3	吃了食物之後的水母變的很健康，今天也餵豐年蝦，而且水莉白的收縮次數變多了。
1/4	今天一樣餵豐年蝦＋營養液，我發現他們好像是用圓盤來吃東西。
1/5	今天水母沒有餵食。
1/6	今天的水母不健康，水莉白的整個身体都縮小了，不知道會不會發生什麼事？是不是因為昨天沒餵食？
1/7	今天的水莉白一樣還是非常的小，波格也不好，觸角都縮在一起。餵豐年蝦（早上）營養液（晚上）
1/8	今天的水莉白沒有變大的跡象，但沒有縮小，狀況ｏｋ。波格也不錯，有比較有活力了。晚上有打氣，收縮次數變多了。
1/9	波格在打氣後變得比較有活力了！但水莉白的狀況沒有好轉，我想它很快就會變的很有活力了！！
1/10	沒有什麼變化。
1/11	波格很喜歡擠水莉白，水莉白看起來有點難受。
1/12~1/14	兩隻水母都很喜歡在打氣的泡泡下，大概是氧氣真的太少了吧！
1/15	狀況ｏｋ，依然喜歡擠在一起和躲在泡泡底下。
1/16	狀況沒有很好。
1/17	今天的狀況不好，收縮很慢，而且因為食物不夠，有些沒活力。最近的發現：波格被嚇到後，會把觸角收縮成一團在圓盤內，不超出圓盤，但還是會收縮，看起來就像顆毛球。
1/18	沒有什麼變化。依然沒活力。
1/19	晚上有餵豐年蝦，波格的狀況較好，水莉白在收縮時都只收縮一點點，幾乎都沒收

	起來。
1/20	今天幫它們濾水，兩隻水母狀況都不錯。
1/21	狀況好但波格的圓盤好像有地方凹下去了。（有餵豐年蝦）
1/22	今天晚上波格蠻活潑的，兩隻水母看起來都很健康。
1/23	沒什麼改變，很健康。
1/24	這幾天有餵豐年蝦，狀況比較好。今天也是，不過水變混濁了，明天要濾水。
1/25	水莉白又縮小了，波格狀況也不好，動很慢（收縮），我覺得我餵豐年蝦他們都沒有吃。
1/26	今天的水莉白似乎很好動，雖然他很小，但是他收縮很快，一直移動去弄波格，波格好像不舒服，收縮得非常慢呢！今天的波格無精打采的，似乎是因為沒有食物的關係。（因為豐年蝦還在孵化中，所以沒餵。）
1/27	水莉白很喜歡到打氣的泡泡下，然後被沖走，一直重複，好像在玩。今天還是沒食物，波格無精打采，懶得動。
1/28	沒有食物。覺得兩隻水母都生病了。
1/29	今天孵出豐年蝦，餵了以後，狀況好些了。我發現波格的圓盤邊邊原來平平的，現在有點鋸齒狀。波格收縮很慢，但水莉白收縮快。
1/30	今天狀況還不錯，但波格收縮還是很慢。
1/31	水莉白很喜歡在水面上被震動（因為有打氣），但我發現他圓盤邊邊很薄，感覺一吹就破。而且還影響到花紋，有點鋸齒狀，但感覺是被撕開一樣，而且身體越來越白。波格的鋸齒狀已經沒有很明顯，有變回圓的了。波格狀況還不錯，唯一讓我擔心的就是收縮很慢。
2/1	狀況不錯，水莉白一樣很好動。
2/2	今天狀況 ok。
2/3	沒有食物，但狀況普通。水莉白變的非常的的白！但收縮各方面都沒問題。
2/4	波格變白了！（只有一點點）而且圓盤上出現了洞！我覺得是食物的關係。
2/5	今天有餵食，狀況還ｏｋ。
2/6	今天水莉白幾乎沒有動。我餵時她好像都不吃。其他都還ｏｋ，波格沒變化。
2/7	看的出來水莉白有微微的收縮，波格都不動（收縮），他有點變白，只有一點點的地方有變白。狀況不太好，但都有餵食、換水。
2/8	狀況：都不動，感覺沒有活力。
2/9	老師說觀察記錄記得差不多了，要把水母放回去林園濕地，讓大家都自由!

【評語】080317

本作品針對林園地區海洋濕地所最長出現的倒立水母進行收集觀察。

作品中所呈現的倒立水母的生態及習性做詳盡的觀察並做鑑定分類。是一件能表現地區環境及特殊生物的作品，針對水母收縮頻率與光線關係的研究應可有更好的設計使研究能更精確，更符合科學精神。