

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

第三名

081548

美麗新住民－野生孔雀魚的研究

學校名稱：花蓮縣花蓮市北埔國民小學

作者： 小六 吳禹嫻 小六 余音宏 小六 高瑞祥 小六 葉子揚	指導老師： 沈敬堯 柯凱珮
---	-----------------------------

關鍵詞： 野生孔雀魚、越冬行爲、畸形魚

壹、內容摘要

野生孔雀魚是外來魚種，目前已經成爲台灣水域中的新住民。雄魚成長過程中體型與體色的許多變化會透過遺傳保留下來。孔雀魚以卵胎生方式生殖，無明顯繁殖期，當水溫低時，平均生產週期較長。每一胎小魚的公母比例會隨著水溫而有變化。水溫高，公魚的出生比例就較高。其次，孔雀魚會因環境污染產生畸形魚，若移到在正常環境下飼養並不會將畸形的體態遺傳給下一代，已經畸形的魚也不會恢復正常。

野生孔雀魚有越冬的問題，冬天太低溫就會大量死亡，必須尋找熱源越冬，我們發現牠們會群聚在家庭或工業廢水排放區、溫泉區附近等較溫暖的區域，因此族群生活的水域和數量都變小，若加上無法生活在流速較急的河段、大肚魚的競爭和環境污染，造成牠們在台灣各地呈現點狀不連續的分布。

貳、研究動機

去年我們在補習回家的路上，偶然發現一條排放家庭廢水，充滿怪味的水溝竟然有一大群五顏六色的小魚快樂的游著。我們心想這是什麼魚啊？這麼強的生命力！當下決定回家拿網子撈幾隻小魚帶到學校問老師。老師說牠們是台灣河流的新住民－「野生孔雀魚」，同時鼓勵我們多去蒐集資料，經過我們上網查詢，發現牠們竟是來自遙遠中南美洲的熱帶魚類，可是冬天快要到了，原本生存在熱帶的魚類要怎麼在有寒冷冬天的台灣越冬而活存下來呢？這一點引起我們的興趣，決定對這位居住在我家附近臭水溝內的新住民鄰居，展開其生存生態之研究探索。

康軒版自然科第三冊「水生家族」、第六冊「動物世界面面觀」都探討到動物的生存行爲及如何繁衍後代的方式，第八冊「生物與環境」更是討論到環境污染與生態系的關係，希望在這次跟野生孔雀魚意外的邂逅，能夠對孔雀魚的生態有進一步的瞭解。

參、研究目的

- (一) 了解野生孔雀魚的外形特徵與分類。
- (二) 觀察野外孔雀魚的棲息分布與生活環境。
- (三) 探討野外孔雀魚的越冬行爲。
- (四) 經由飼養觀察，記錄孔雀魚從幼魚自成魚的成長變化。
- (五) 經由飼養實驗，了解環境因素對野生孔雀魚子代的遺傳影響。
- (六) 藉由實驗，進一步了解孔雀魚和大肚魚生態上的差異和關係。
- (七) 藉由我們對畸形孔雀魚的研究，探討環境污染對生物的影響。

肆、研究設備及器材

一、野外考察

長柄漁網、塑膠袋、捲尺、直尺、勺子、魚線、馬錶、溫度計、相機、記錄本、鉛筆、保特瓶蓋、生物觀察箱、GPS 衛星定位器。

二、室內分析

魚類圖鑑、各種參考書籍、鬥魚魚缸、燒杯、照度計、鉛筆、彩色鉛筆、個人電腦、繪圖板、電子白板。

三、飼養

魚飼料、水草、魚缸控溫器、加熱棒、深藍色雲彩紙、剪刀、膠帶、玻璃魚缸、定時器、魚缸用日光燈、底砂、生產隔離箱。

四、研究工具的改進和研發

(一) 影像觀察工具：

1、IP 網路攝影機：(這原是電腦老師架設用來監控電腦機房用的)

原來使用的是 WEBCAM，但是經常要開著電腦，遠端桌面經常會當機。後來改用 IPCAM，好處是：


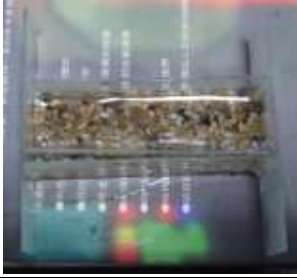

- (1) 避免近距離觀察孔雀魚，魚兒會受到驚擾，從遠端觀察沒有這個困擾。
- (2) 我們用 IP 網路攝影機可以旋轉鏡頭，可以隨時從遠端監控多個魚缸，放假在家也能看。
- (3) 還可以把畫面傳到大螢幕上觀察、錄影拍照和討論。

2、數位相機：我們用數位相機記錄下孔雀魚的身體特徵、體長等資料，但是一開始就面臨難題：

- (難題 1) 孔雀魚不停地游動，常常拍不到我們要的角度畫面。
- (難題 2) 孔雀魚太小，很難清楚地拍攝。
- (難題 3) 光源不足，手部會晃動。
- (難題 4) 無法測量體長。

我們與老師經過好幾次討論，決定捨棄複雜難懂的儀器，用最簡單的方法拍攝：

- (1) 把孔雀魚撈出來放入狹窄的容器中，降低水位，縮小牠活動的空間，等待牠逐漸安靜下來，再進行拍攝。
- (2) 必要時候，使用水冷設備，如【實驗 11】的設備逐漸降低水溫，減低活動力。
- (3) 選擇有近拍及放大鏡功能的照相機 (像素高不一定有用)。
- (4) 使用魚燈當光源，使用小角架或是將照相機放在桌面避免晃動。
- (5) 使用與容器等寬的塑膠片或玻璃片，背後貼上透明塑膠尺，放入容器內魚的後方，可以將魚向前趕，限縮空間，同時作為測量體長的工具。

嘗試的容器	媽媽的乳液瓶	用載玻片黏小盒	鬥魚的魚缸
照片形狀			
優點	(1) 好攜帶容易拍	(1) 拍小魚很好用 (2) 上下左右都可拍	(1) 魚燈可直接放在上面 (2) 容易放入測量工具
缺點	不容易將魚放入 無法放入測量工具	大魚容易跳出 製作麻煩	邊邊有死角
好用程度	★★★	★★★	★★★★★

(二) 飼養工具：

1、我們在飼養過程中面臨的問題——

- (1) 當小魚不斷的出生，我們並沒有那麼多魚缸來養小魚。
- (2) 混養在一起，大魚會吃小魚，很怕沒看到實驗結果，小魚就先被吃光。
- (3) 過濾器會把小魚吸進去。
- (4) 魚缸餵食豐年蝦或其他飼料，很容易污染水質需要經常換水，很麻煩。

2、解決方法

- (1) 用透明塑膠桶養小魚：我們將教具室多餘的塑膠桶清洗乾淨，作為飼養小魚的魚缸，不必再花錢購買。
- (2) 自製氣動過濾器：我們在塑膠管上鑽孔，用橡皮筋將海棉綁在管子外當作過濾棉，放進氣泡石，則可進行過濾。
- (3) 改良虹吸換水的器具：虹吸管將魚缸水吸出，管子一端利用針筒作為清理底砂的工具，輕鬆移動即可換水。
- (4) 整合換水和過濾器管子：我們很多魚缸，過濾管顯得凌亂不整齊，後來我們將每一區的過濾管線整合起來(如照片所示)，從一個樞紐就可控制開關，大大提升方便性。



將活塞拿出，用小針筒來清理底砂污垢。

虹吸原理圖示

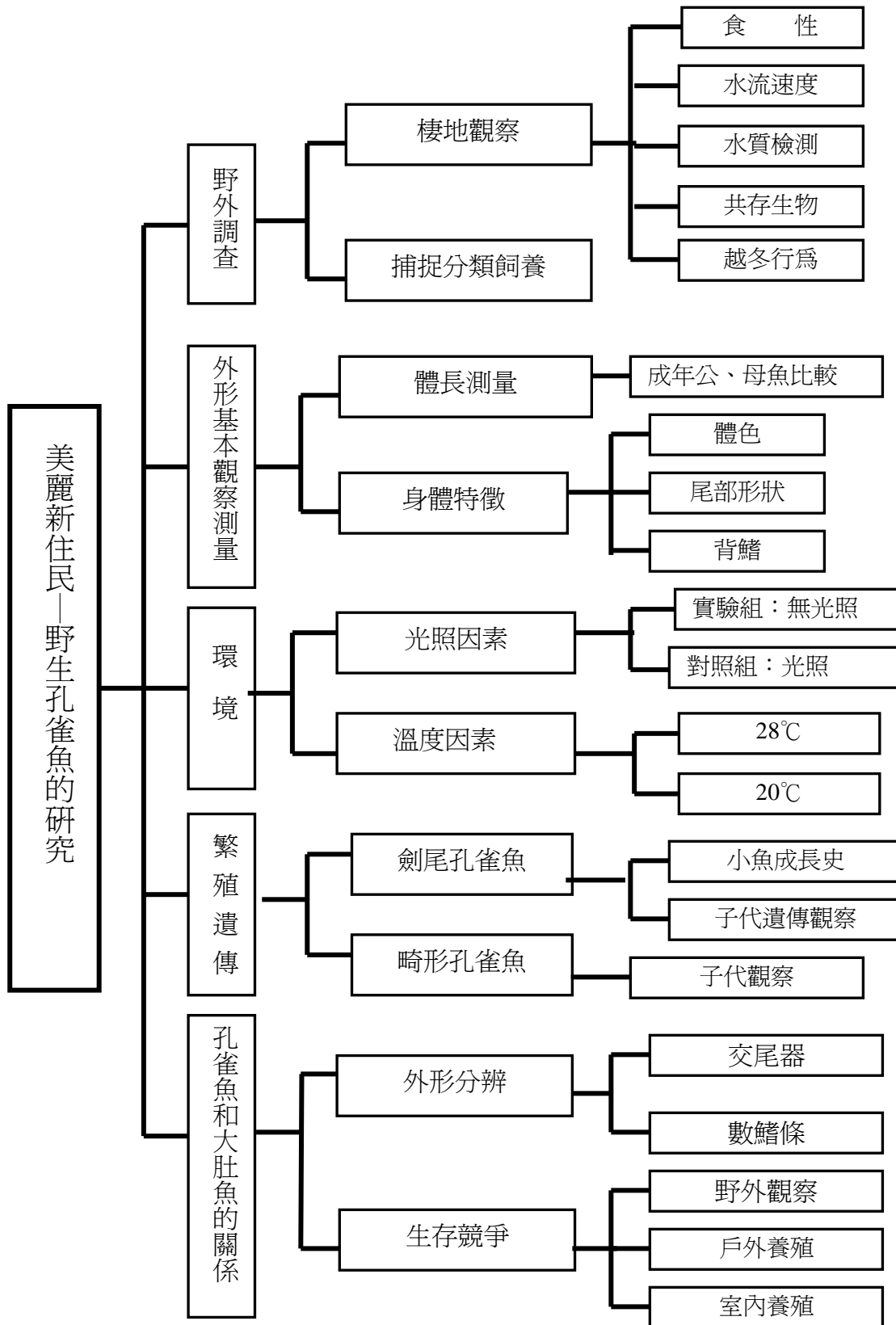


紅色圓圈標示處即為過濾管整合處。

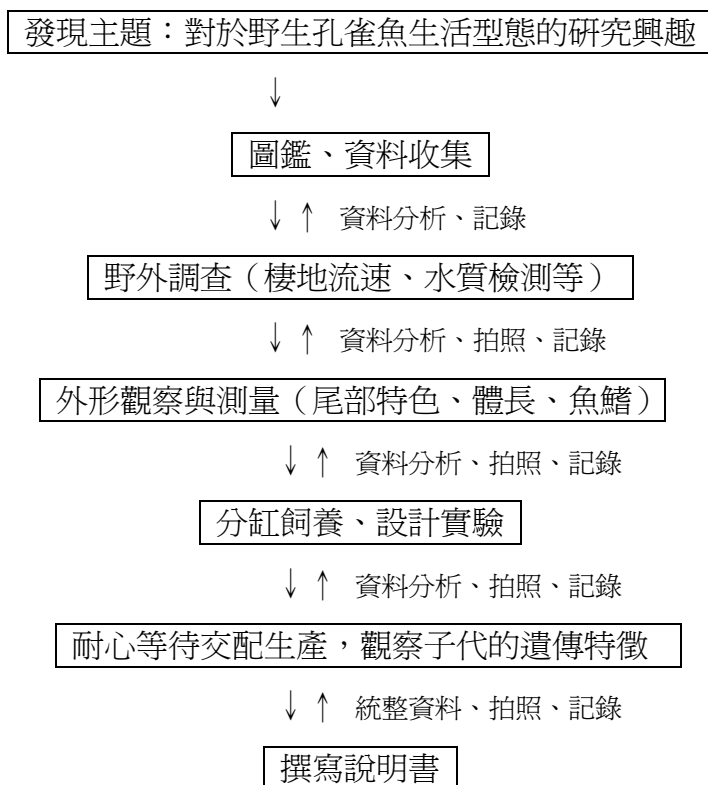


伍、研究過程或方法

一、研究架構



二、研究流程



三、名詞解釋

- 野生孔雀魚：泛指在野外的池塘、溪流、溝渠等地所捕捉的孔雀魚，是不經過人工飼養管理的孔雀魚。
- 卵胎生：介於卵生和胎生之間，受精卵留在母體內發育，並不吸收母體的養分，而是依靠卵黃來提供養分，直到發育成幼體，母體的生殖道收縮將幼體連同卵膜排出體外，孵化存活率比卵生動物更高。
- 劍尾：指尾鰭不同特徵的延長類型，包含雙劍尾、底劍尾、頂劍尾。
- 畸形：外形異於常態的孔雀魚。
- 胎斑：從側面來看，胎斑位於母魚肚子的後半部，呈現黑色或暗紅色，母魚在懷孕期間胎斑會明顯變大，顏色變深，可說是孕育幼魚生長場所的外觀表現。
- 鰭條：硬骨魚類大都是由鰭條和鰭膜所構成。鰭條有棘（又稱棘狀鰭條）和軟條（鱗狀鰭條）又稱之分。鰭條的功用有如傘骨，能使魚鰭豎立或倒下。棘是由軟條硬化而成，無分節，軟條則有分節。

陸、研究結果

一、孔雀魚在生物界的位置

根據台灣魚類資料庫的查詢，孔雀魚原產於在中南美洲，1970年引進台灣，為卵胎生的魚種。目前台灣全省有很多河流都可以看到野生孔雀魚的蹤跡，而孔雀魚在生物界的分類檢索位置如右表：

動物界—
脊椎動物門—
魚綱—
鱗形目—
花鱗科—
花鱗屬—
孔雀魚種

二、孔雀魚的外形與特徵觀察

【實驗 1】野生孔雀魚外形和特徵觀察



【目的】了解野生孔雀魚主要身體構造並加以測量。

【觀察日期】2007.11.15 至 2007.12.28

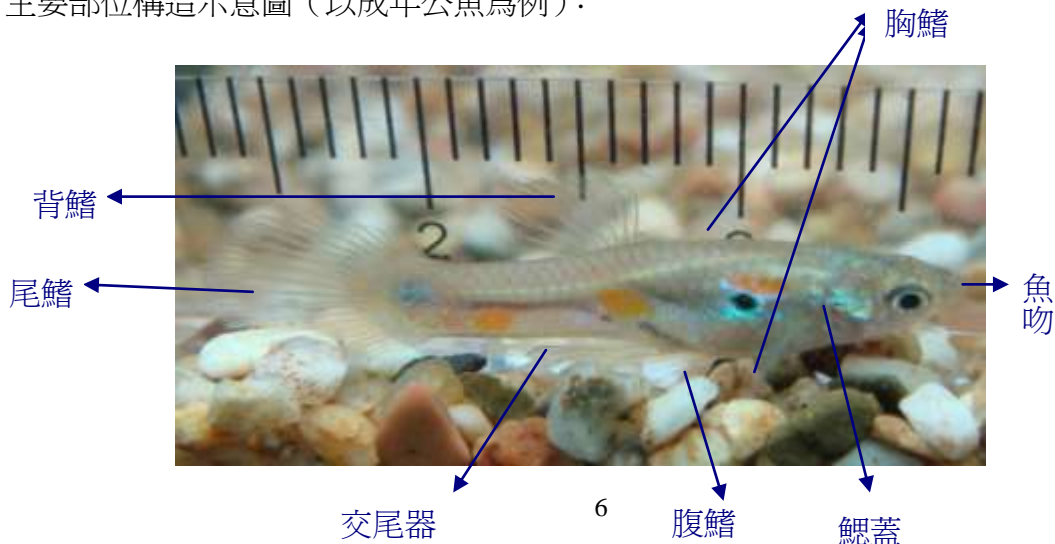
【器材】紙、鉛筆、尺、數位相機

【步驟】將孔雀魚成魚放入缸中拍照並測量體長。









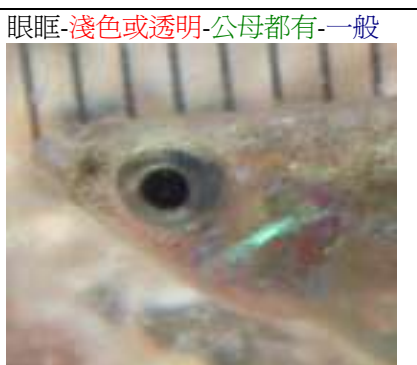
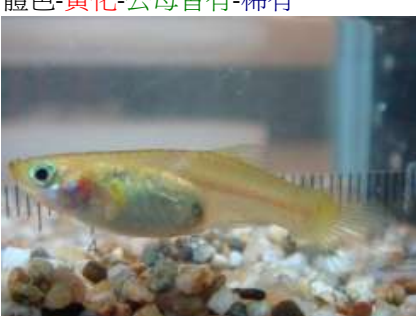

【結果】1、外形說明

	♂公	♀母
成魚外型照片	 全長約 3 公分（不含劍尾延長部分）	 全長約 3~4 公分（母魚體型較大）
說明	公魚的體色和尾鰭變化很大。	母魚的體色和尾鰭幾乎沒有變化（除極少數例外），形狀和大肚魚極為相似。

2、主要部位構造示意圖（以成年公魚為例）：



3、外形與體色觀察

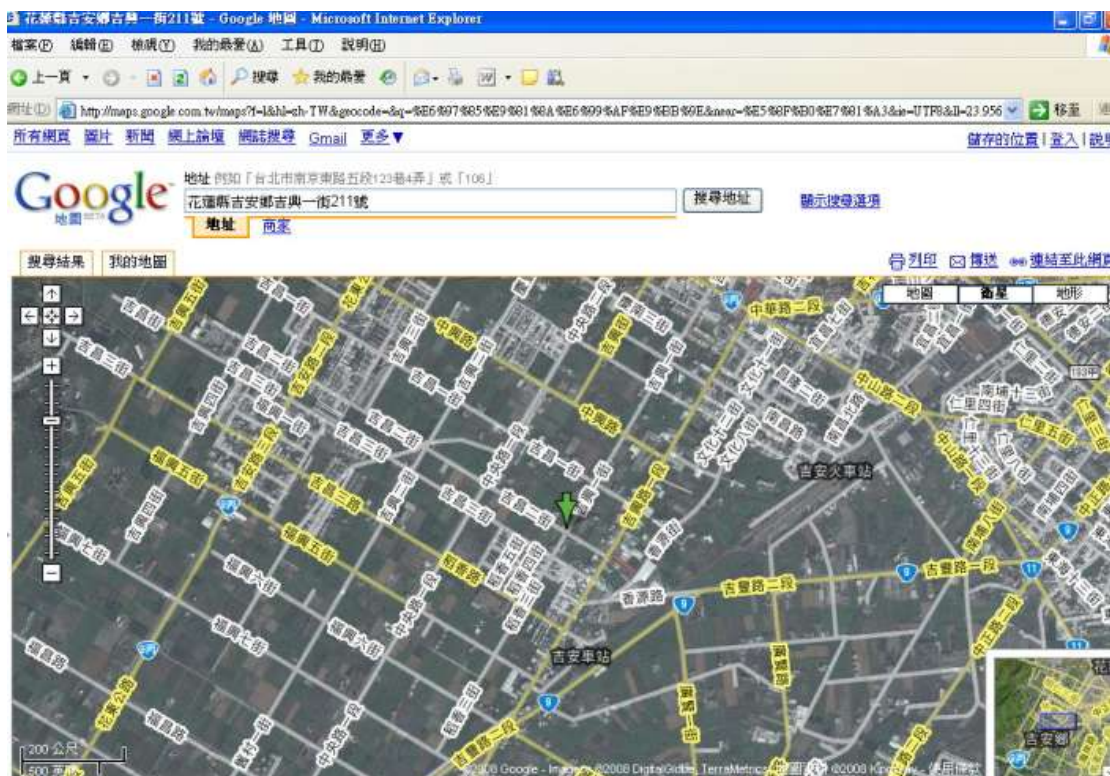
特徵-說明-特徵性別-數量多寡 (一般>少有>稀有>極稀有)		
<p>體色-黑點或藍斑-只有公魚-一般</p>  <p>這是台灣野生孔雀魚的特徵</p>	<p>體色-兩面對稱-只有公魚-一般</p>  <p>請參閱左圖</p>	<p>尾鰭顏色公魚-一般，母魚-極稀有</p> 
<p>尾部形狀-扇形-公母都有-一般</p> 	<p>尾部形狀-橢圓形-公母都有-一般</p> 	<p>尾部形狀-底劍-只有公魚-少有</p> 
<p>尾部形狀-頂劍-只有公魚-少有</p> 	<p>尾部形狀-雙劍-只有公魚-少有</p> 	<p>尾部形狀-針尾-公母都有-極稀有</p> 
<p>背鰭形狀-長背鰭-只有公魚-稀有</p> 	<p>眼眶-深黑-公母都有-一般(較少)</p> 	<p>眼眶-淺色或透明-公母都有-一般</p> 
<p>體色-黃化-公母皆有-稀有</p> 	<p>體色-胎班-只有將生產母魚-一般</p> 	<p>體色-綠底眼斑-只有公魚-少有</p> 

三、野生孔雀魚的棲息地觀察

我們訪問了一些老師與水族館老板，想探聽哪裡有野生孔雀魚，但是這些地點有的因為人為建設使得環境改變，現在已經找不到野生孔雀魚的蹤跡，如：花蓮教育大學後方靠近體育館的排水溝及美侖工業區碩山公司前的水溝；有的地點則屬於管制範圍，無法任意進入觀察，如：花蓮火車站機務段。因此我們選擇了以下三個地方作為這次研究的實察地點：

(一) 野外實察地點介紹：

地點	農兵橋	復興橋	月光寺
照片			
GPS 衛星定位經緯度	(經) 121° 36' 25.06" (緯) 23° 59' 46.36"	(經) 121° 36' 27.41" (緯) 23° 58' 50.08"	(經) 124° 34' 20.87" (緯) 23° 57' 59.00"
Google 衛星地圖	請見本頁下方圖示 (以月光寺為例)		
水溝寬度	30 cm	476 cm	41 cm
水深	23.5 cm	13.5 cm	5.8 cm
型態	農田旁灌溉溝渠	家庭廢水排水溝	家庭廢水排水溝
共存生物	吳郭魚、溪哥	紅蟲、翻轉螺	翻轉螺



● Google 衛星地圖

【實驗 2】孔雀魚吃些什麼

根據我們多次野外觀察，野生孔雀魚是雜食性的魚類，平時的食物來源是水生昆蟲、藻類、落水的小昆蟲或節肢動物、有機碎屑等，但並不是每一種食物都能輕易觀察到。我們曾經在野外及室內飼養時觀察到孔雀魚的食物來源如下表：

食物	孑孓	死蚊子	小黑殼蝦	落水小蜘蛛	藻類	紅蟲
觀察到的日期	月光寺： 2007-12-29 2008-1-21	室內： 2008-1-21	幼稚園水池： 2008-3-13	月光寺： 2008-2-20	農兵橋： 2008-1-21	復興橋： 2007-11-24

- 1、孔雀魚的魚吻微微朝上，適合捕食表層食物。
- 2、對於體積大的食物，孔雀魚是採用「啄食」的方式吃東西。
- 3、我們發現，小魚在飼養約 3 週後，小魚對於飼料已有習慣性反應動作。

(二) 棲息地形態

【實驗 3】棲地流速測量

【緣由】我們找了三個有孔雀魚棲息的地點來測量水流流速，想進一步了解野生孔雀魚的生活環境。

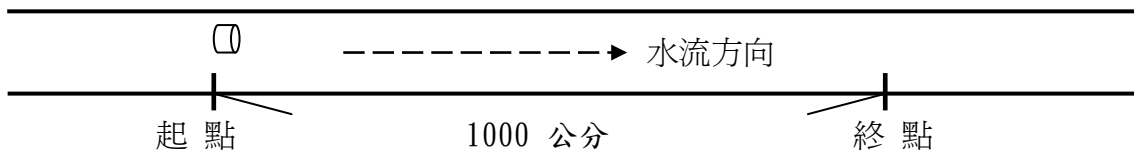
【實驗目的】測量野生孔雀魚棲息溝渠的水流流速。

【實驗日期】2007.12.22、2008.1.12、2008.1.21

【實驗地點】(1) 花蓮市農兵橋農田溝渠 (2) 花蓮市復興橋 (3) 吉興一街月光寺排水溝

【器材】瓶蓋一個、捲尺、馬錶、魚線。

- 【步驟】
- 1、用捲尺在溝渠旁量出 10 公尺的距離，並在起點、終點均作上記號。
 - 2、準備一個瓶蓋，自起點丟下，同時按下馬錶，測量瓶蓋自起點流到終點所花費的時間（如下圖所示）。
 - 3、當瓶蓋到達終點時，讀出時間，並將瓶蓋撈起。
 - 4、利用公式：速率 = 距離 ÷ 時間，算出流速（單位：公分 / 秒）



【結果】1、三個觀察地點流速分別為：

	農兵橋	復興橋	月光寺
流速 (cm/sec)	20	0.625	1.39



【實驗 4】水流流速與孔雀魚的實驗

【緣由】從野外捕撈發現，小魚會自動聚集於緩流區。從【實驗 3】中我們也計算出三個地點的水流速並不高，我們想了解孔雀魚是不是只喜歡生活在水流緩慢的區域。

【實驗目的】觀察水流緩急對孔雀魚的影響

【實驗日期】2008.3.29

【器材】沉水馬達、石塊、造景假山、底砂、沉木、大魚缸。

【步驟】1、上學期末，我們用矽膠將大魚缸黏製牢固。

2、先將魚缸注水，鋪上底砂，再放入石塊、沉木與假山，製造出高低不同的地形。

3、將捕獲的孔雀魚放入：5 公、5 母、10 小魚。

4、放入沉水馬達，插電使馬達轉動，製造水流，觀察孔雀魚活動與躲藏的情形。

【結果】1、我們發現孔雀魚會避開水流湍急的地方，並不會像有些魚出現逆水往上游的情形。

2、有些孔雀魚會躲在沉木、假山或周圍可以迴避水流的地方，會主動尋找緩流區。

3、我們看到當水流沖向孔雀魚時，牠的身體與尾鰭擺動快速，小魚卻無法招架水流的力量，紛紛躲到緩流區。



野外捕撈發現，小魚會自動聚集於緩流區



孔雀魚會躲在沉木、假山下或周圍緩流區。

【實驗 5】水質檢測

【緣由】平常出去野外實察我們都只用五官來觀察水質的清澈程度，然而我們想要進一步了解孔雀魚生存棲地的水質，包括酸鹼度、溶氧量、混濁度等，就可以從數據中判斷水質的狀態。

【實驗目的】檢測野生孔雀魚生存環境的水質。

【實驗日期】2008.4.1

【實驗地點】(1) 花蓮市農兵橋農田溝渠 (2) 花蓮市復興橋 (3) 月光寺排水溝

【器材】2007 年台灣第五屆世界水質監測日所發的簡易檢測包 (Test Kit)

【步驟】

1、溫度：將電子式溫度計直接放入水中測量。

2、pH 值測定操作步驟：

(1) 將本檢測包隨附 10ml 的試管 (編號 0106) 裝滿水樣；放入一顆 pH 檢測試錠 Wide Range TesTab (包裝紙上標示有 pH 字樣)。

- (2) 扭緊試管蓋子，反覆上下搖晃直到藥片溶解，可能仍會有些許藥片殘塊存留在水樣中。
- (3) 比對水樣與 pH 色卡上的顏色，讀取水樣 pH 值並記錄。

3、溶氧量測定操作步驟：

- (1) 接續前項水溫測量；將本檢測包所附圓形玻璃小試管完全浸入已採取水樣之容器中，再小心地將試管從水樣中取出，並保持水樣滿至試管的頂端。
- (2) 在小試管中放入 2 顆溶氧測試錠 TesTabs（標示有 DO 字樣）。當藥片加入後，水樣將會溢出試管；隨即旋緊試管蓋，此時會有更多的水溢出，請確定試管中無氣泡殘留。
- (3) 反覆上下搖晃直到藥片完全溶解為止，此步驟約需 4 分鐘時間。
- (4) 當藥片完全溶解後，再靜置 5 分鐘，水樣的顏色將產生變化。
- (5) 利用溶氧色卡比對水樣的顏色，並以 ppm 為單位記錄所得之溶氧值。

4、濁度：

- (1) 檢測前準備：(i) 將本檢測包的廣口包裝容器亦即濁度檢測專用的盛水容器。如果情況許可，在使用前 8 到 24 小時在廣口瓶內之底部貼上有沙奇盤（Secchi disk）圖示的標籤以保持其黏性。(ii) 撕開沙奇盤標籤貼紙；將標籤黏貼白色大廣口瓶內的底部，注意黏貼位置需稍微偏離中心點。
- (2) 將水樣注入廣口容器中，直至注入水量之高度與外側標示的水位線等高。
- (3) 將濁度色卡置於瓶口邊緣，朝廣口瓶底部觀察。比較瓶底沙奇盤標籤與色卡後，將水樣濁度以 JTU 為單位記錄。
- (4) 觀察並記錄出現的指標性生物。



【結果】1、水質檢測結果

地點	溫度 (°C)	溶氧值 (ppm)	pH 值	濁度 (JTU)	味道	生物指標法 (發現生物)	推估污染程度
農兵橋	23.8	4	7	0~40	沒味道	澤蟹、溪哥、吳郭魚	輕度污染
復興橋	24	4	7.5	100	很臭	紅蟲、翻轉螺	重度污染
月光寺	24.1	4~8	7	40~100	落葉腐爛的味道	翻轉螺	普通程度污染

2、水質的清澈程度（透光性）

經過水質檢測實驗後，組員們在判讀沙奇盤時，每個人所認定的數值有所出入，甚至引起爭執，最後我們決定再找一種更精確的方法幫助我們了解孔雀魚棲息溝渠的溪水清澈程度，所以我們想到了跟護士阿姨借照度計進行觀察，並採集三個地點的溪水，進行測量。

【實驗日期】2008.4.6

【實驗地點】學校升旗台（中午一點半）

【器材】照度計（跟保健室護士阿姨借來的）、燒杯、勺子、三地點的溪水採樣

【步驟】1、用勺子舀起 300ml 的水，倒入燒杯。

2、燒杯同時置於陽光下，將照度計放在燒杯底下，並讀出亮度。

3、列表與蒸餾水做比較。 測量照度數值→

【結果】1、照度比較表

	蒸餾水	農兵橋	復興橋	月光寺
亮度 (Lux)	28070	25600	19820	17000

2、亮度數值會隨著測量當時環境的光線差異而有所不同，並非是固定值。而我們在室外測量透光度，所得結果：
蒸餾水 > 農兵橋 > 復興橋 > 月光寺。

照度器外觀（跟護士阿姨借的）→



【實驗 6】水質的硬度




【緣由】煮開水時，水壺底部會有白白的水垢，我們想到用煮水產生水垢的方法來比較水質硬度（水中礦物質）的多少。

【實驗目的】了解孔雀魚生活環境的水質硬度

【實驗日期】2008.1.至 4.28

【器材】水質硬度測試筆、小鍋子、瓦斯爐、農兵橋、復興橋、月光寺三個地方的水各 600cc

【步驟】

1、先用水質硬度測試筆檢驗水質並記錄數值	2、用瓦斯爐和鍋子把水煮乾，觀察剩下的“水垢”多寡。	3、將水垢刮下集中觀察。
		

【結果】

地點	水質硬度測試筆數值	水垢	其他
農兵橋	180	最少，顏色白	
復興橋	290	最多，顏色淺咖啡色，雜質多	過程中有刺鼻臭味
月光寺	230	其次，顏色灰白	

四、孔雀魚的繁殖與遺傳

【實驗 7】野生孔雀魚的養殖觀察

【緣由】我們從野外捕撈發現孔雀魚公魚外形體色在個體間有很大的差異，小魚在成長過程中也有不少變化，我們想透過養殖觀察來了解。

【實驗目的】了解野生孔雀魚生長繁殖過程

【實驗日期】2007.11.19—2008.5.10

【器材】網路攝影機、玻璃魚缸、魚缸用日光燈、沙子、濾水器、野外捕獲孔雀魚一批。

【步驟】

1、將劍尾魚和其他孔雀魚分開飼養，觀察劍尾外形對子代的遺傳。

下圖前方是網路攝影機



2、將孔雀魚大魚和小魚分開飼養，觀察小魚成長過程外形變化。



【結果】1、小魚成長各階段，在外形上有相當多的變化：



出生 5 小時，約 8mm。



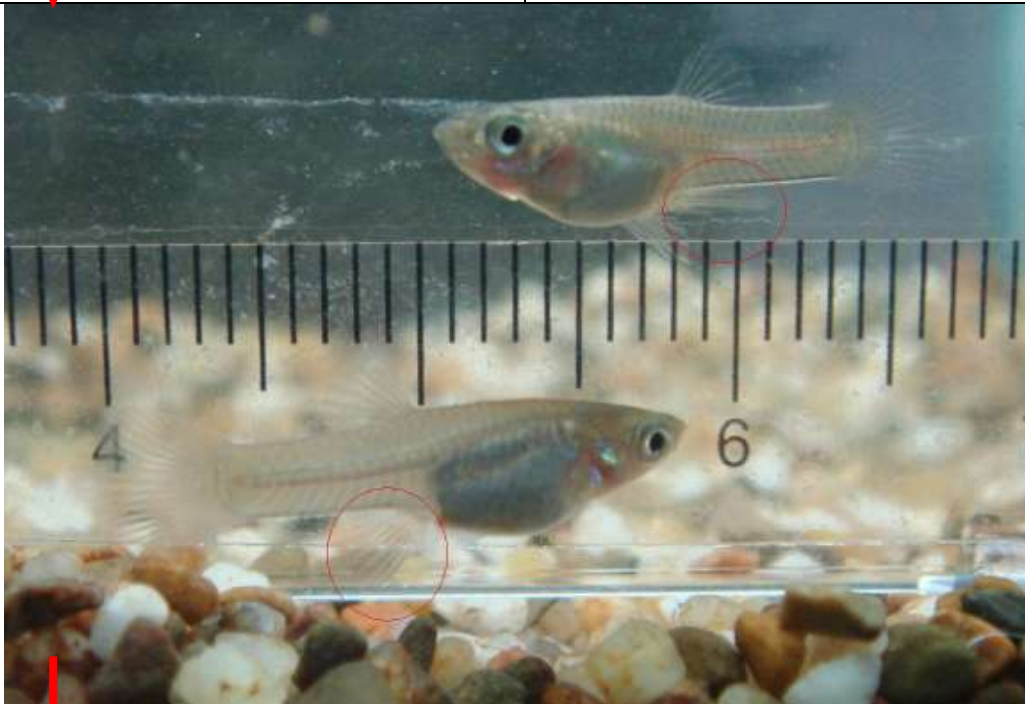
出生 10 天，約 9.5mm。



出生 30 天，約 17.5mm。頭部線條變得較平。



出生 20 天，約 15.5mm。



出生 45 天，約 20mm。雄魚臀鰭延長成交尾器，雌魚臀鰭不變仍是三角形。



出生 50 天，約 24mm。尾鰭特徵及顏色開始顯現，這是一隻劍尾小魚。



出生 90 天，約 29mm。完全顯色的公魚

【實驗 8】孔雀魚劍尾特徵遺傳實驗

【緣由】野外調查時，我們發現復興橋有大量的劍尾特徵孔雀魚，我們想了解此特徵是環境還是遺傳所造成。

【實驗目的】我們想了解孔雀魚的劍尾特徵是否會遺傳。

【實驗日期】2007-12-5 至 2008-5-18

【器材】玻璃魚缸 1 個、魚缸用日光燈、沙子、濾水器、野外捕獲劍尾孔雀魚一批。

【步驟】1、將野外捕獲的劍尾孔雀魚（公魚 6 隻，母魚 2 隻）裝入魚缸中，進行繁殖飼養觀察，將生產後的小魚與公母魚進行隔離飼養，避免被吃掉。

（註：只有極少數的母魚會出現不明顯的劍尾特徵，我們只捉到 2 隻帶有雙劍特徵的母魚。）

2、觀察並記錄。

【結果】

1、從我們觀察劍尾孔雀魚缸所出生的小魚發現，劍尾特徵是遺傳的結果，觀察結果如下表：

生產日期	小魚隻數	是否出現劍尾特徵	備註
2008-1-11	15	6 隻公魚出現雙劍特徵	其餘為母魚
2008-3-2	11	5 隻公魚出現雙劍特徵	其餘為母魚

2、飼養過程中我們觀察到：

(1) 劍尾延長的尾鰭經常是其他公魚的攻擊目標。尾鰭受傷的孔雀魚是會逐漸再長出來的。如右圖的劍尾孔雀魚，在尾鰭受傷變短後又開始長出來。

(2) 新長出的鰭條和原本鰭條接合處會有 1 彎角或不太平整癒合處，你可以從下圖看出，尤其是右下圖。



尾鰭被咬斷後 5 天。



尾鰭被咬斷後 20 天，明顯恢復中。

(3) 劍尾小魚在幼魚階段並沒有其他特徵，一直到了公魚性別特徵完全出現，尾部特徵出現，接著體色出現，跟著尾鰭才會逐漸拉長，有些個體甚至逐步延長到身體的二分之一以上。



出生 50 天，約 24mm。尾鰭先出現顏色



出生 60 天，約 25mm。
身體接著出現斑點，尾部才跟著拉長。

【實驗 9】畸形魚的繁殖觀察

【緣由】我們從野外捕撈發現，只有復興橋這個地區有比例非常高的畸形魚，而這個地區又是水污染很嚴重的地區，我們想透過飼養繁殖和觀察的方式來排除畸形是遺傳的因素，同時觀察正常環境下，已經畸形的野生孔雀魚是否會逐漸恢復。

【實驗目的】了解畸形魚是遺傳還是環境污染影響

【實驗日期】2007.11.19—2008.4.10

【器材】玻璃魚缸 1 個、魚缸用日光燈、沙子、濾水器、野外捕獲畸形孔雀魚一批。

【步驟】1、將野外捕獲畸形魚（公魚 6 隻，母魚 5 隻，小魚 2 隻），裝入魚缸中，進行繁殖飼養觀察，將生產後的小魚與公母魚進行隔離飼養，避免被吃掉。



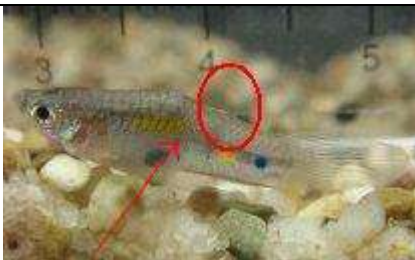
母魚體態，卻有公魚的臀鰭特徵，我們懷疑是畸形陰陽魚



脊椎畸形公魚



脊椎畸形的母魚



背鰭萎縮
身體前後段明顯不同



嘴部下方異常



正常母魚被撈捕飼養後產出 2 隻雙頭魚（連體小魚），該魚出生 3 天後死亡

		
畸形針尾	畸形劍尾	從上面俯視畸形魚
		
將畸形魚集中飼養	將畸形魚生的小魚與大魚分開飼養	

【結果】1、觀察記錄表

代號	畸形母魚照片	生產日期	小魚隻數	小魚正常與否	備註
A		2007/12/3 2008/3/20	8 隻 12 隻	全部正常 全部正常	這隻母魚具有針尾特徵
B		無	無	無記錄	這隻被我們懷疑是陰陽魚的畸形魚，同時擁有雙性特徵，我們也拿牠來觀察研究。
C		2008/1/12、 2008/2/15	12 14	全部正常 全部正常	
D		2008/1/20	14	全部正常	2008/2/5 母魚跳出魚缸外，死亡。
E		2007/11/30、 2008/1/2、 2008/1/31、 2008/2/25	15 13 10 15	全部正常 全部正常 全部正常 全部正常	體型最大

- 2、所有出生的小魚沒有發現畸形的現象。與大魚分開飼養到成熟，也沒有發生變化成畸形的結果。
- 3、大魚在正常環境下飼養，脊椎彎曲等種種畸形皆無法恢復。
- 4、畸形的大魚，屬於永久性的畸形，不會恢復正常。
- 5、從網路資料得知，核二廠出水口的秘雕魚在正常水溫下是會恢復正常的。

【實驗 10】光照實驗

【緣由】我們在野外實察時，發現三個地方孔雀魚體色有些許不同，復興橋下的孔雀魚最鮮艷，而月光寺野生孔雀魚會生活在陰暗的溝渠中，身體的顏色似乎就比較暗淡，我們想，「光線」這個因素對孔雀魚生長與身體色彩變化會不會有影響呢？

【實驗目的】了解光線照射對孔雀魚的影響

【實驗日期】2008.1.19-2008-5.20

【器材】深色雲彩紙、剪刀、膠帶、玻璃魚缸 2 個、定時器、魚缸用日光燈、底砂、厚紙板、照度計、電腦小畫家 photoimpact 軟體。

- 【步驟】
- 1、先將沙子掏洗乾淨，裝入魚缸中，每缸的底沙各填入 2 公分深。
 - 2、每缸各加水 2000 cc，使兩缸條件相當。
 - 3、將其中一缸四周貼上深色雲彩紙，阻隔光線，作為實驗組。另一缸維持原狀，架上日光燈、定時器，作為對照組；將缸內的所有魚拍照做記錄。
 - 4、每缸各放入 1 公 2 母 1 小魚。
 - 5、設定對照組定時器：每日 8 時至 16 時亮燈，共 8 小時。
 - 6、兩缸中間用紙板隔開，以免對照組光線照到實驗組，影響控制變因。
 - 7、每天觀察記錄。
 - 8、50 天後（期間兩缸皆生下 10 多隻小魚），將兩缸魚在相同條件下拍照記錄，比較體色，隨後將原先遮蔽光線的雲彩紙拆下，貼到原先未貼紙的魚缸。



設定時間每日八小時光照



兩缸中間隔開

【拍照說明】

- 1、以相同設備（魚缸、燈具、照相機）、相同距離 2.5 cm、相同亮度以照度器測量分別對兩缸的大小魚進行拍照。再將兩隻不同缸的公魚擺在一起拍照，兩隻不同缸的母魚擺在一起拍照，兩隻不同缸的小魚擺在一起拍照。

2、50 天後，將兩缸魚在相同條件下進行第二次拍照，比較體色。拆下遮蔽光線的雲彩紙，在相同光線環境下飼養。

3、14 天後，再度進行拍照驗證。

【結果】1、每日照光 8 小時對於孔雀魚的體色確實發生影響，照光組體色較白，不照光組則較黑，照光組的公魚較鮮艷。公魚的體色以數位相片，在電腦下以小畫家或 photoimpact 軟體開啓，用色彩選擇工具對色塊進行紅綠藍三色的比較。

2、母魚及小魚體色的變化比公魚明顯。

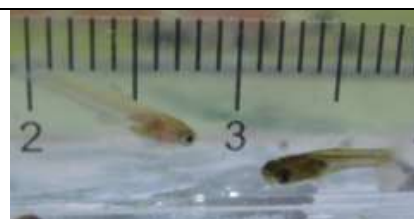
3、除去光照的影響，孔雀魚會回復先前的體色。



本照片左邊的魚為每日照光 8 小時的公魚。



本照片右邊為每日照光 8 小時的母魚。



本照片左邊為每日照光 8 小時的小魚



未照射光線的魚，顏色會較暗，使用電腦放大圖片看，身體出現黑色細小斑點。若回到正常環境飼養或者在每天照射光線 8 小時的情況下，這些斑點都會逐漸消失。這種情形以母魚最為明顯。

【實驗 11】溫度差異對小孔雀魚出生性別的影響

【緣由】從每一次捕捉觀察記錄發現，冬天老是抓到母魚，公魚明顯少很多。經過討論，我們大膽假設可能的原因：1、公魚不耐低溫凍死或跑去躲起來。2、冬天水溫低時出生的母魚比較多。因此想要透過觀察和實驗來證明。

【實驗目的】了解冬天溫度低時母魚數量明顯較多的原因

【實驗日期】2007.12.5 至 2008.5.28

【器材】玻璃魚缸 2 個、沉水馬達 2 個、廢電腦電源供應器 1 個、致冷晶片、魚缸控溫器 2 個、加熱棒、魚燈、塑膠軟管、水箱。

【步驟】

1、我們在寒流來襲時到幼稚園水池進行觀察，發現當水溫太低時（當時測得水溫 12℃），魚群大量死亡，小魚幾乎沒有倖存，公魚母魚也凍死了大半，剩下的魚多沉入池底甚至連魚鱗也不揮動。可是死亡的公魚母魚的比例很平均，可見我們的第一個假設可能是錯的。

2、我們接著請老師協助設置兩個定溫的魚缸，分別是 20℃ 和 28℃，每一缸各放入 2 隻公魚和 2 隻母魚進行溫度與出生性別關係的研究。



【結果】 1、根據下圖的結果，證明溫度越低時（20℃）出生性別比例母魚偏多。

	第一次生小魚	第二次生小魚	第三次生小魚	第四次生小魚	第五次生小魚	第六次生小魚
28 度 缸	2008/1/5 母魚 A 小魚 11 隻 2008/3/5 5 公 5 母	2008/1/11 母魚 B 小魚 5 隻 2008/3/11 3 公 2 母	2008/2/7 母魚 A 小魚 15 隻 2008/3/27 6 公 6 母	2008/2/17 母魚 B 小魚 10 隻 2007/4/17 6 公 4 母	2008/3/11 母魚 A 小魚 8 隻 2008/5/1 5 公 3 母	2008/4/8 母魚 B 小魚 14 隻 ※說明書完成時 尚未能分辨公母
20 度 缸	2008/1/10 母魚 C 小魚 16 隻 2008/3/10 4 公 10 母	2008/1/19 母魚 D 小魚 7 隻 控溫器故障 小魚被凍死 發現時水溫 11 度	2008/2/18 母魚 C 小魚 10 隻 2008/4/18 3 公 7 母	2008/2/26 母魚 D 小魚 16 隻 2008/4/26 5 公 11 母 用產卵箱保 護兩週	2008/4/5 母魚 C 小魚 15 隻 2008/5/27 4 公 11 母	2008/4/13 母魚 D 小魚 11 隻 ※說明書完成時 尚未能分辨公母

註：(1) 約 1 個半月到 2 個月，小魚才逐漸分出公母。

(2) 大魚有吃小魚的情形，所以有時會有出生小魚偏少，或是出生小魚比最後公母數量多的情況。

(3) 28℃ 缸是用魚缸用加溫棒及控溫器控制溫度。

(4) 20℃ 缸是電腦老師教我們用廢電腦零件及控溫器控制溫度。



在冬天氣溫低的時候抓到母魚的比例就偏高



1、熱水缸蒸發較快，約 2 天下降 3 公分水位，需要經常加水。

2、冷水缸在夏天溫度高時，缸面會結露水，觀察前要擦去水珠。

2、發現低溫（20 度）缸平均生產週期較長。

五、野生孔雀魚越冬行爲

【實驗 12】野生孔雀魚越冬行爲研究（一）

【緣由】從上一個實驗的觀察，我們知道孔雀魚無法在溫度太低的水溫下生活，這時候電視又不斷在報導澎湖海域寒災及南部虱目魚大量死亡的新聞，我們想了解原產熱帶的孔雀魚到台灣要怎麼過冬。我們於網路及書籍中尋找資料，都沒有野生孔雀魚如何越冬的資料，這讓我們想去野外實地調查。

【實驗目的】研究野生孔雀魚戶外越冬行爲

【實驗日期】2008.1.2

【器材】溫度計、電子式溫度計、棉線、塑膠軟管、60 毫升注射針筒

【步驟】野外實地觀察測量溫度

時間	地點	水溫 ($^{\circ}\text{C}$)	氣溫 ($^{\circ}\text{C}$)	水溫測量方式	魚群狀況
2008.1.2 13:50	農兵橋附近流域 (灌溉溝渠)	11	13	溫度計直接測量	野生孔雀魚失去蹤跡
2008.1.2 14:20	沿著農兵橋附灌溉溝渠找到花蓮後火車站機務段附近的排水溝	18	13	溫度計直接測量	魚群集中 數量龐大
2008.1.2 14:55	月光寺圍牆外排水溝	16	14	溫度計直接測量	魚群活動力變差 小魚明顯減少
2008.1.2 14:55	月光寺圍牆外灌溉溝渠	11	14	溫度計直接測量	完全無魚，到了 4 月我們去做水質檢驗時發現跟旁邊的排水溝仍是有 2 到 3 度的差距，只不過四月就有魚了
2008.1.2 15:50	復興橋 1 (橋的正下方)	17.8	15	將溫度計綁棉線拋入橋下 溫度計沉入淤泥中 三分鐘後拿起觀察 水面不時會有氣泡冒出	魚群群聚到橋的正下方
2008.1.2 15:50 至 16:10	復興橋 2 (小水溝合流處)	17	15	我們將塑膠軟管一端綁上小石塊，一端接上注射針筒，我們藉由石塊的重量將管子拋入水中接近小水溝水流入的地方，同時因為石塊重量確保管子不會被水沖走。我們以注射針筒經由管子將水抽出用電子式溫度計測量，此一水域溫度高達 18°C 。	魚群最集中的區域 由岸上觀察就可看到許多長劍尾魚及顏色特殊鮮豔的魚

2008.1.2 16:25	復興橋3 (其他開闊水域)	14	15	將溫度計綁棉線拋入橋下，三分鐘後拿起觀察	非常少量零星的魚
-------------------	------------------	----	----	----------------------	----------

復 興 橋		
	復興橋開闊水域量水溫	天氣太冷完全看不到魚
橋 農 兵		
	將溫度計用棉線綁住放入橋下量水溫	我們抽取橋下水溝注入區的水溫測量溫度
橋		
	農兵橋附近量水溫 (水溫太低就無魚)	接近火車機務段排水口水溫高還有魚



【結果】我們特別在冬天低溫時做了三次測量，都有和上面相同的結果。對於熱水的來源，我們認為：

- 1、月光寺---家庭廢水，因為一牆之隔就是月光寺的廚房。
- 2、機務段附近排水溝---機務段工業廢水。
- 3、復興橋下---我們請教專家及老師，從底層厚厚的爛泥及不斷冒出的氣泡，我們認為是底層爛泥不斷腐爛發酵的結果。
- 4、我們成員之一跟家人到瑞穗去洗溫泉，意外發現溫泉廢水排水口附近水溝也有孔雀魚。我們認為冬天太寒冷的水溫約 13°C 或更低溫度持續一段時間，孔雀魚就會死亡，這時孔雀魚必須自動尋找熱源，群聚在如深水區，或是家庭廢水排放區等較溫暖的區域，因此族群生活的水域和數量都會變小。

【實驗 13】野生孔雀魚越冬行為研究（二）

【緣由】由上個實驗觀察結果，我們決定用人工製造熱源，進一步驗證野生孔雀魚在冬天是否有自行尋找較溫暖的水域的能力。

【實驗目的】研究野生孔雀魚在冬天是否會自行尋找較溫暖的水域

【實驗日期】2008.2.29

【器材】電子式溫度計、魚缸控溫器 1 個、加熱棒、延長線。

【步驟】在寒流來襲時，於戶外養殖野生孔雀魚的水池中。把加熱棒插電放入水中，測量加熱棒周圍溫度與其它區域溫度，離開水池約 1 公尺觀察魚群情況。

【結果】

當天氣溫 17°C，經測量加熱棒周圍 10 公分水溫約 27°C，越靠近加熱棒越熱，其他區域水溫 15°C。約 15 分鐘後開始有魚群向加熱棒周圍聚集，約 30 分鐘後有大群魚群聚集在加熱棒周圍，證明野生孔雀魚有尋找熱源越冬的能力。



【實驗 14】野生孔雀魚越冬行為研究（三）

【緣由】去年 12 月底，我們其中一位組員和家人去瑞穗泡溫泉，意外發現溫泉廢水出水口附近的水溝竟然也有野生孔雀魚的蹤跡，於是老師帶我們去了一趟，想了解在冬天的低溫下，野生孔雀魚的另類越冬方式。

【實驗目的】找尋野生孔雀魚過冬的可能地點

【觀察地點】瑞穗溫泉區溝渠

【觀察日期】2008-1-5

【器材】溫度計、相機、長柄魚網、裝魚塑膠桶

註：瑞穗溫泉區離我們的家實在太遠了，所以我們並沒有把瑞穗溫泉溝渠列為我們野外觀察的地點。

【步驟】1、根據組員指出的地點找到野生孔雀魚出沒的溝渠。

2、觀察附近地形，詢問當地居民，並且記錄拍照。

3、開始撈魚，觀察孔雀魚體型與公母。

【結果】1、觀察表

棲息溝渠觀察	溝渠旁有溫泉管線（如照片所示），居民黃伯伯說，這裡是附近旅社溫泉廢水的排放處，十幾年前他就已經看過這裡有魚，一年四季都有看到。
氣溫	17°C
水溫	溫泉廢水排放口：21°C；溝裡水溫：15°C
撈魚觀察	孔雀魚魚群聚集在溫泉廢水排放口附近
捕捉數目	24 隻：公魚 9 隻，母魚 12 隻，小魚 3 隻

2、溫泉區的廢水讓附近的溫度即使在冬天也能保持一定的溫度，不至於太低，提供孔雀魚一個過冬的環境。

		
溫泉廢水排放管線	我們用長柄漁網撈孔雀魚	捕撈 24 隻野生孔雀魚

六、孔雀魚和大肚魚生態之差異與關係

【實驗 15】如何分辨孔雀魚和大肚魚

【緣由】1、除了成熟的雄魚外，野生孔雀魚的母魚和大肚魚母魚外形非常近似，如何分辨特徵讓我們在野外實察時不致誤認，是個很重要問題。

2、進一步了解野生孔雀魚外形特徵。

【實驗目的】從外形上分辨孔雀魚和大肚魚的不同





【實驗日期】2007.12.18

【器材】電腦、電子白板、數位照相機

【步驟】分別將野生孔雀魚和大肚魚拍照，使用電腦及電子白板放大照片，同時用手在電子白板上對照片特徵進行標記，並且進行討論。

【結果】1、母魚幾乎無法分辨，僅從計算腹鰭的鰭條數目發現：孔雀魚鰭條數 5 條，大肚魚鰭條是 6 條。

2、成熟雄魚臀鰭特化而成一延長的交尾器，大肚魚的雄魚明顯比孔雀魚長。

	公魚	母魚
大肚魚		
孔雀魚		

使用電子白板計算孔雀魚和大肚魚鰭條，右下圖是孔雀魚母魚的鰭條



【實驗 16】孔雀魚和大肚魚在生態上的關係

【緣由】(1) 大肚魚和孔雀魚都屬於外來種的卵胎生鱗魚 (2) 我們在野外實察時，發現同一個水域裡，有大肚魚就沒有孔雀魚，有孔雀魚就沒有大肚魚 (3) 大肚魚分布普遍，孔雀魚的分布卻呈現點狀不連續分布。

【實驗目的】了解孔雀魚和大肚魚生態上的不同和關係

【實驗日期】2007.12.21 -2008.4.20

【器材】玻璃魚缸 3 個、網路攝影機、電腦

【步驟】1、野外環境觀察。

2、我們將野外捕捉到的孔雀魚和大肚魚分別進行室內及室外水池的飼養觀察。

3、我們將野外捕捉到的孔雀魚和大肚魚室內做混養觀察，同時架設網路攝影機避免人為干擾。



大肚魚捕捉地點：新城鄉龍泉親水公園

幼稚園水池--戶外養殖

室內混養觀察

【結果】

	野外觀察	養殖觀察 12月到4月	戶外養殖	混養觀察 各10隻(5公5母)
孔雀魚	(1) 表層魚 (2) 耐污染 (3) 分布區域比較小，多在流速較慢的水域或溝渠	整年皆可繁殖 平均28天 繁殖力較強	不耐寒 長期低溫13度左右會死亡	(1) 遭受大肚魚攻擊 僅能逃避，很少回擊。 (2) 3天後2隻孔雀公魚死亡，其餘不論公母魚，魚鰭皆有破損。為避免死亡，停止混養觀察，分缸飼養。
大肚魚	(1) 表層魚 (2) 耐污染 (3) 分布區域普遍，大小河流不論流速都很容易發現	(1) 應該有固定繁殖季節 (2) 未見繁殖	安全度過寒流	(1) 2隻公魚尾鰭也有受傷，母魚皆完好。 (2) 較為強勢，主動攻擊。

柒、討論

一、回應研究目的(三)：野外孔雀魚的越冬行爲

對照【實驗12】、【實驗13】和【實驗14】發現---

(一) 在台灣冬天的低溫下，孔雀魚必須尋找高溫區域越冬，否則就會死亡。

(二) 對照【實驗11】環境低溫時誕生的小魚則以能繁殖下一代的母魚居多。

(三) 發現高水溫越冬區：

1、家庭或工業廢水區，如月光寺和火車站機務段水溝。

2、底部有厚淤泥，不斷腐爛冒氣泡升高水溫，如復興橋下。

3、溫泉區，如瑞穗溫泉區廢水出水口。

二、回應研究目的（七）：孔雀魚和大肚魚的關係

生物學上分類，大肚魚和孔雀魚，都是花鱗屬外來魚種，外形上也近似，常有人誤認為野生孔雀魚指是彩色的大肚魚。但是我們發現同一水域只要有大肚魚就沒有孔雀魚。經過進行比較，對照我們【實驗 15】和【實驗 16】發現：

- （一）這兩種魚存在競爭的關係，而大肚魚相對優勢，並且會攻擊孔雀魚。
- （二）對於台灣冬天低溫的環境，大肚魚有較佳的適應力。
- （三）透過【實驗 15】實際上去分辨兩者的雄魚，會發現大肚魚的交配腳比較長；至於母魚則要去計算兩者的鰭條才可分辨，無法直接分辨。

三、孔雀魚族群的擴展：

由以上研究，對照我們戶外棲地的觀察，我們認為孔雀魚族群的擴展是每年氣溫升高後，族群會從越冬區被水流往下游帶，尋找新的生長繁殖地點，憑著高繁殖力迅速繁衍，同時耐污染的能力也讓牠可以佔領許多其他魚類無法生活的區域。但是面對大肚魚的競爭和某些流域流速較快的影響，在同一條河流或溝渠往往呈現點狀不連續的分布，這時族群的數量愈來愈龐大。一直到冬天，若無法尋找到越冬區，就會死亡，族群的數量又迅速變少。如此，一年復一年，在我們的觀察中，農兵橋附近的灌溉溝渠就是孔雀魚的夏季繁殖區，而後站機務段的水溝則是牠的越冬區。

現有的分布地點容易受到人為工程破壞而消滅，進而影響孔雀魚棲息地縮小，如花教大體育館後方水溝加蓋整治，使得族群消失，我們找不到孔雀魚的蹤跡。所幸野生孔雀魚有極強的耐污染能力，還能在許多受污染排水溝裡活著。

四、回應研究目的（六）：畸形孔雀魚的探討

- （一）由捕捉記錄看來，只有復興橋附近有畸形魚的出現。
- （二）透過【實驗 9】繁殖觀察，證明野生孔雀魚在正常環境，並不會產生畸形的子代。
- （三）由網路資料得知，核二廠出水口的畸形魚，是因為高溫造成畸形，如果回到常溫下飼養，會逐漸恢復正常，我們測量過復興橋的水溫【實驗 12】並沒有發現特別高溫的水域；【實驗 9】繁殖實驗也證明是永久畸形，不會恢復正常。推測是環境污染導致畸形的另一個佐證。因此，我們推測復興橋下一帶的孔雀魚畸形的因素，應該可以排除遺傳因素和水溫的影響。
- （四）由【實驗 5】的結果看來，復興橋的水域是屬於高度污染水域，因此，我們推測畸形的原因是水質污染的結果。

捌、結論

- 一、孔雀魚這外來魚種體型體色上有極多變化，有些變化如劍尾特徵會透過遺傳被保留下來。
- 二、孔雀魚的體色會隨周圍光線變化，公魚的體色甚至因為充足的光線而更加鮮豔。
- 三、孔雀魚並沒有明顯的繁殖季節，一年四季都會以卵胎生的方式生產小魚，但是當水溫低時平均生產週期較長。每一胎小魚的公母比例，會隨著出生時水溫而有所不同。通常水溫

越高，公魚的出生比例就越高。

四、由小魚到大魚的成長過程，體型顏色都會產生很多的變化。

五、野生和人工繁殖的孔雀魚比較：（一）顏色較少不鮮艷（二）尾鰭較小（三）野生雄魚必有黑點或藍色斑點（四）每一胎出生小魚只有十多隻，與人工繁殖的孔雀魚動輒四、五十隻少很多。

六、野生孔雀魚生活在中度偏硬水、水流緩慢的區域，甚至可在高污染區域存活。

七、野生孔雀魚因環境污染產生畸形魚，這樣異常的魚類在正常的環境下飼養，並不會將畸型的基因遺傳到下一代，已經畸形的魚也不會恢復正常。

八、孔雀魚有越冬的問題，冬天太寒冷就會大量死亡，這時必須自動尋找熱源，群聚在深水區、溫泉區附近或是家庭廢水排放區等較溫暖的區域，因此冬天族群生活的水域和數量都快速變小。

九、我們發現野生孔雀魚對大肚魚屬於相對弱勢，如果在混養的情況下，會遭受不斷攻擊而死亡，因此在許多有大肚魚的河段，孔雀魚就無法繁殖並消失。

十、孔雀魚在台灣各地呈現點狀不連續分布的原因是：

（一）孔雀魚越冬的問題（二）流速（三）和大肚魚競爭的關係。若再加上人為的環境破壞及污染，就是影響孔雀魚分布的重要因素。

玖、未來有待研究的方向

經過這幾個月來的研究與野外實察，我們發現在網路及書籍上有各種不一樣的說法，許多甚至是明顯的錯誤，例如：野生孔雀魚常被錯認為彩色大肚魚，另外台灣魚類資料庫網站標出孔雀魚的最大體長是 3.5cm，但事實上我們在野外常常捕捉到體長超過 4cm 的孔雀魚，諸如以上的錯誤資訊，在我們的研究中也一一釐清。

當然，我們也整理了一些需要進一步探討的問題：

（一）台灣南部屬於熱帶的地區，當地的野生孔雀魚是否需要越冬？

（二）觀察劍尾特徵的雄魚，有些個體尾部竟然達到體長三分之二，雖然我們已經證明劍尾特徵是遺傳影響，但是這樣長的尾鰭真的適合生存嗎？大部分劍尾特徵孔雀魚都是在復興橋所捕獲，這個水域流速又最慢，這兩者有關係嗎？

（三）人工改良的品系孔雀魚不斷被棄養到河流裡，會對目前台灣水域中的孔雀魚造成什麼改變？

（四）我們在網路查到高雄縣衛生局與宜蘭縣政府以孔雀魚做為生物防治法進行滅蚊，目前仍在實驗當中，這也是未來很好的研究方向。

拾、參考資料

- 陳義雄、方力行（1999）。台灣淡水及河口魚類誌。屏東縣：國立海洋生物博物館出版。
- 王美芬、熊召弟（1998）。國民小學自然科教材教法。北市：心理出版社。
- 台灣魚類資料庫 <http://fishdb.sinica.edu.tw/2001new/main1.asp>
- 行政院環保署（2007）。第五屆世界水質監測日活動手冊。北市：行政院環保署。
- 李超群編（1999）。熱帶魚飼養不求人。台南市：文國書局。
- 李達望（1986）。動物行為面面觀。北市：桂冠出版社。
- 愛酷族水族寵物月刊（2007.12）：迷人的野生孔雀魚。北市：威智文化科技出版。
- 林俊年譯（1996）。觀賞魚疾病診斷與防治。北市：觀賞魚雜誌出版社。
- 孔雀魚珊瑚蝦特輯。北市：觀賞魚雜誌出版社。
- 筒井良樹著，范嘉卿譯（1996）。孔雀魚。北市：水族生態雜誌。
- 沈世傑（1990）。臺灣魚類檢索。北市：南天書局。
- 李幸芬主編（2005）。孔雀魚品種鑑賞彩色收藏版。北市：觀賞魚雜誌出版社。
- 林佳蓉譯（2002）。365 個簡單有趣的科學遊戲。北市：方智出版社。
- 自由電子報生活新聞 <http://www.libertytimes.com.tw/2006/new/jul/24/today-life14.htm>

【評語】 081548

1. 觀察孔雀魚生態及生長，觀察仔細，研究設計有巧思及創意。
2. 有關環境汙染和畸形魚之間的關係，可再設計實驗深入探討。