

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生物科

080317

「泥」中之王，一躍知「鰱」

探討泥鰱與環境感應的行為模式

學校名稱：臺北市松山區敦化國民小學

作者： 小六 賴昱安 小六 滕 讚	指導老師： 王文正
-------------------------	--------------

關鍵詞：泥鰱、溶氧量、腸呼吸

## 摘要

本研究包含泥鰍對底棲環境、溶氧量、路徑選擇、空間學習記憶、水溫、光線明暗和電流等的行為反應。這次研究裡我們發現到:

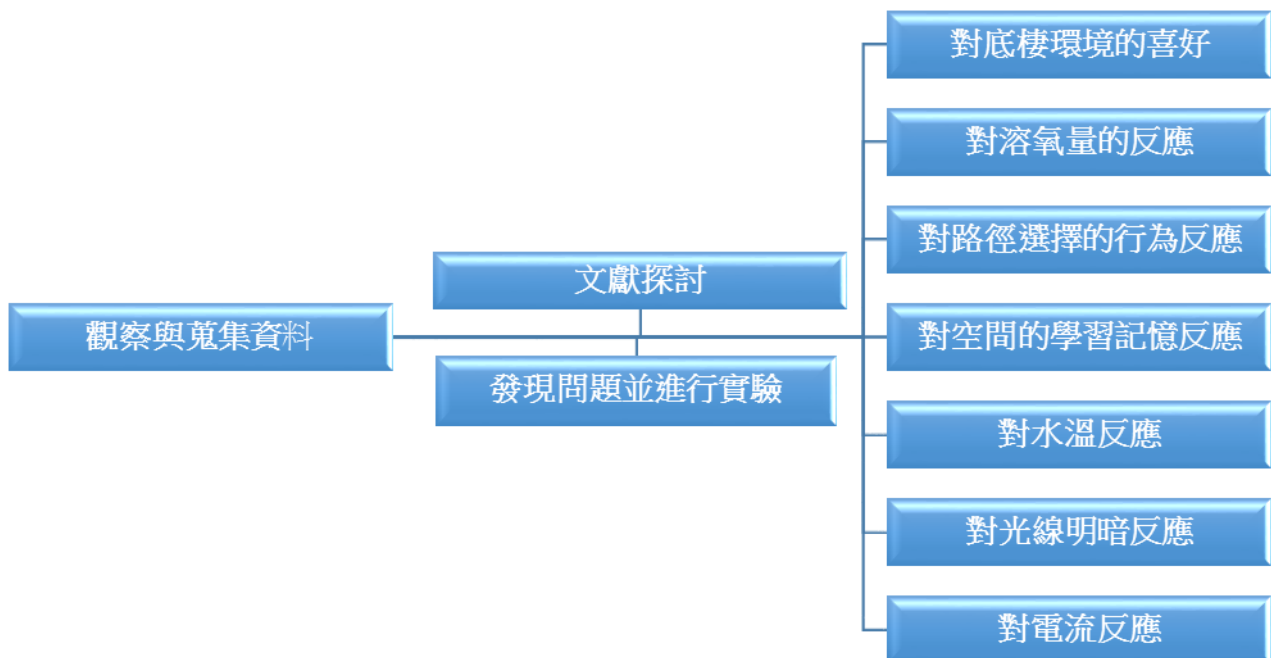
- 1.乾淨的水域和平滑的底棲層是泥鰍喜歡的環境，打破我們對牠們喜歡生活在淤泥的觀感。
- 2.自來水溶氧量較高，泥鰍大多停留在底棲，煮沸後的冷開水溶氧量極低，泥鰍腸呼吸次數較高。
- 3.水溫 20°C~25°C 是泥鰍適合生存的溫度，一旦環境的溫度變化了，牠們的體色會隨著改變，水溫 8°C 以下和 35°C 以上不利於牠們生存。
- 4.泥鰍對空間具有記憶，能回憶曾經居住過的環境，且有令人覺得驚訝及意外的翻越動作。
- 5.泥鰍對明暗學習記憶能力，能產生制約行為。
- 6.泥鰍對電流的感應很敏銳，電壓 6.5V 就能感應到，會做出鑽掘泥砂的激烈反應。

## 壹、研究動機

我們曾經在四年級上學期的自然課，學習到水生家族的水生動物，並從中了解到魚構造，老師也讓我們進一步認識到泥鰍這種生物，牠們具有獨特的呼吸功能；又在去年的暑假，有一趟魚塭之旅，我們發現到養殖業者將魚塭的水放乾後的泥沼中，出現一隻隻的泥鰍，我們對這種魚類，既熟悉又陌生，於是開始尋找一些有關泥鰍的文獻資料。在文獻中我們發現到泥鰍大多生活在水田中，牠們具有鑽泥的習性；溫度太高或太低的環境都不利於生存，而且牠們會進行腸呼吸；牠的眼睛小且視力不佳，必須使用口鬚來尋找食物；牠們曾被當作預測地震的生物等。於是我們對泥鰍感到好奇，想去研究和證明，並有新的發想。我們希望透過此研究來了解泥鰍與環境感應所產生的行為對應模式，以及其為適應環境而展現出獨特的生物性格。

## 貳、研究目的

- 一、探討泥鰍對底棲環境的喜好
- 二、探討泥鰍對溶氧量的反應
- 三、探討泥鰍對路徑選擇的行為反應
- 四、探討泥鰍對空間的學習記憶反應
- 五、探討泥鰍對水溫反應
- 六、探討泥鰍對光線明暗反應
- 七、探討泥鰍對電流反應



## 參、文獻探討

### 一、泥鰍的型態構造

泥鰍(學名(*Misgurnus anguillicaudatus*))屬於鰍科，又稱土鰍、胡溜、魚溜、雨溜。此次實驗對象是由人工養殖的台灣原生種-真泥鰍，又稱「胡溜」，體長約 11.5cm ~12cm，屬於亞成魚階段。泥鰍的身體細長，頭部略呈圓筒型，腹部圓形，後端側扁吻部向前突出，吻部周圍有 5 對口鬚，身體背側呈暗灰色，有不規則的黑色斑紋，腹部呈白色或淡黃色，背鰭和尾鰭身上有細小的圓形鱗片，頭部無鱗，鱗片像瓦片重疊而成，尾

鰭呈圓形，尾柄上、下方有窄扁的皮褶棱起（如圖 1、2），體色常因生活環境不同而有所差異。泥鰍的表層黏液豐富，其作用是能讓身體容易鑽入土裡，使動作更加敏捷自如，同時也可保護體表免受病菌侵染。泥鰍生長在光線不佳的淤泥或水中，白天大多潛伏夜間才會出來覓食，牠的眼睛小且視力不佳，必須使用觸鬚來尋找食物。

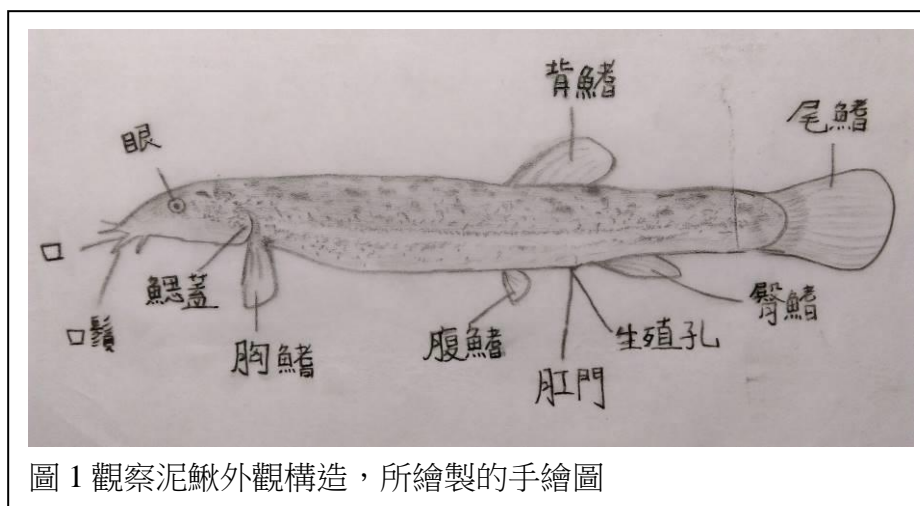


圖 1 觀察泥鰍外觀構造，所繪製的手繪圖



圖 2 泥鰍的外觀型態

## 二、泥鰍的生活習性

泥鰍屬於溫水性底棲魚類，喜歡棲息在靜水的底層，常出沒在湖泊、池塘、溝渠、水田底層及富有植物碎屑的淤泥表層，有鑽泥的習性，喜歡中性及微酸性的粘性土壤。牠屬於雜食性魚類，以水生昆蟲、小型無脊椎動物、植物碎屑、藻類等為食。

適合泥鰍的水溫是 25°C 左右，當水溫降至 10°C 以下，泥鰍會停止攝食，會潛入軟泥中靠少量水分保持身體濕潤，並會休眠和停止活動，當溫度高到 35°C 以上時，牠的食慾會下降，會鑽入泥中低溫處蟄伏，若長時間暴露在高溫下則會導致死亡。土壤中含有少量的水分，在無水的濕潤土壤中可以潛伏而不致死亡，因此對水中含氧量的要求沒有其他魚類高，其耐低氧的能力遠勝於其他魚類。

在西方國家對泥鰍又有「氣候魚」之稱，天氣晴朗的時候氣壓高，大氣壓力高時，水裡溶解的氧氣量多，泥鰍就會安靜的棲息在水底；陰雨的時候氣壓低，水中的溶氧量會減少，此時泥鰍為了吸取足夠的氧氣會從水底上升至水面吸取空氣，此起彼落，顯得非常躁動，似乎已感受到氣候的變化，所以若觀察到泥鰍不停的往水面呼吸空氣，代表水中的溶氧量不足。泥鰍不僅能用鰓和皮膚呼吸，還具有特殊的「腸呼吸」功能，泥鰍游到水面用口吞入空氣，吞吸的空氣中的氧就會被腸壁的微血管吸收，腸壁具有氣體交換的功能，不用的空氣和產生出的二氧化碳會從肛門排出，因此在牠們的肛門處會看到有氣泡浮出水面（如圖 3）。



圖 3 泥鰍在水面呼吸空氣行「腸呼吸」作用

#### 肆、研究設備及器材

實驗名稱	實驗器材與設備
底棲環境實驗	60cm 長*17cm 寬*24cm 高的實驗缸、12cm 高的透明壓克力隔板 4 塊
溶氧量實驗	25cm 長*16cm 寬*24cm 高的實驗缸、溶氧量測試劑、自來水、煮沸後的冷開水、外徑 7mm 透明軟管
路徑選擇實驗	75cm 長*54cm 寬*15cm 高的透明實驗盒、2.5cm 高的壓克力條所製作的三岔水道、計時器
空間的學習記憶實驗	60cm 長*17cm 寬*24cm 高的實驗缸、計時器

水溫實驗	18cm 長*13cm 寬*14cm 高的實驗缸、溫度計、計時器、加熱棒、溫水、冰塊
光線明暗實驗	36cm 長*22cm 寬*17cm 高的飼養盒、固定架、手電筒、黑色塑膠袋
電流實驗	18cm 長*14cm 寬*16cm 高的實驗缸、南洋珍珠圓沙、1.5V 電池（共 9 顆）、9V 電池（共 3 顆）、0.65mm 銅線、粗吸管（裝 1.5V 電池用）、膠帶（固定電池用）、橡皮圈（固定電池用）、三用電表
其他	記錄本、筆、自粘紙、數位相機、錄影機、台灣泥鰍（20 隻從水族館購得）、朱文錦（5 隻）、沉水性飼料錠（直徑 3mm 扁圓型不擴散性飼料）、自來水、泥土（新海三期人工溼地）、磯砂、河沙、矽沙、南海珍珠圓沙

## 伍、研究過程與結果

### 研究一、探討泥鰍對底棲環境的喜好

台灣早期農業時期，泥鰍大多生活在稻田中，於是心中有個疑問：「稻田裡的泥巴是泥鰍最喜歡的環境嗎？」為了瞭解泥鰍對不同底棲環境的反應，我們選擇泥土、磯砂、河沙、矽砂和海南珍珠圓沙共五種底沙來做實驗，利用實驗來瞭解泥鰍對底棲環境是否會有選擇及牠們喜好的程度。

#### (一)實驗方式

1. 將 60cm 長\*17cm 寬\*24cm 高的實驗缸平均劃分為 5 個區塊，我們利用 12 公分高的透明壓克力板作為隔層板，在每一個獨立的隔區裡放入底沙，分別是泥土、磯砂、河沙、矽砂、南海珍珠圓沙共五種。這些底棲泥沙的高度為 6 公分，並注入放置 24 小時以上的自來水於缸中，水與隔板同高（如圖 4）。
2. 在每個隔區裡各放入 3 隻泥鰍，5 個隔區共有 15 隻泥鰍在缸中。接著繼續注入水，高度高於隔層板 4 公分，這是為了讓泥鰍能自由游行選擇棲息的環境（如圖 5）。

- 當泥鰍放入實驗缸後 1 小時，再開始記錄每個隔區內泥鰍的數量，每天早晚各觀察一次(早上 7:00 / 晚上 7:00)，連續觀察 10 天，並做成表格，瞭解泥鰍對底棲環境的喜好。
- 每天只餵食一次，選擇晚上餵食，白天不餵食，餵食後一小時才計算數量。食物是沉水性的飼料錠。



實驗缸利用 12 公分高的透明壓克力板平均分 5 個區塊



填泥砂層



每一個獨立的隔區裡放入底沙，分別是泥土、礫砂、河沙、砗砂、南海珍珠圓沙共五種。

圖 4 底棲環境的布置



圖 5 泥鰍在不同的底棲環境生活

## (二)實驗結果與發現

1. 泥鰍剛進入新環境時會顯得特別的活潑並到處移動，尋找喜愛的環境。我們也發現泥鰍飢餓時也會躁動不安，並會四處亂游尋找食物。因此我們會在泥鰍穩定狀態下或餵食後 1 小時再做紀錄，當牠們穩定或吃飽後就會棲息到底層。
2. 我們發現泥鰍時常會在鬆軟的底棲環境中翻滾，並將身體埋入南海珍珠圓沙中，只露出頭部，有時就像一支鉛筆倒插在水裡一樣（如圖 6）。



圖 6 泥鰍棲息在底棲環境的模樣

3. 將實驗做成表格（如表 1）。從表格上泥鰍在不同底棲環境下的數量，前三天泥鰍最偏愛在南海珍珠圓沙的區域，其次是河沙；第四天後開始有較多的泥鰍漸漸地移往其他隔區，特別是在泥土的底棲環境增加較多，其次是河沙。我們也觀察到泥鰍會停留在泥土和河沙層用 5 對口鬚覓食。
4. 從平均占比可看出泥鰍偏愛的泥砂層依次是：南海珍珠圓沙 > 泥土 > 河沙 > 矽砂 > 礫砂。實驗發現，平滑圓滾的南海珍珠圓沙是泥鰍最喜愛的底棲環境，而粗糙不平整的礫砂是牠們較不喜歡的環境。



表 1 不同底棲環境的泥鰍在不同的天數裡移動的隻數

時間(天)	底棲環境				
	泥土	磯砂	河沙	矽砂	南海珍珠圓沙
第一天(白天)	2	0	4	3	6
第一天(晚上)	0	3	4	4	4
第二天(白天)	1	1	3	3	7
第二天(晚上)	0	3	4	4	4
第三天(白天)	1	1	5	3	5
第三天(晚上)	3	0	4	3	5
第四天(白天)	5	1	3	3	3
第四天(晚上)	4	2	4	2	3
第五天(白天)	5	3	2	3	2
第五天(晚上)	3	0	5	3	4
第六天(白天)	4	0	5	3	3
第六天(晚上)	3	2	3	3	4
第七天(白天)	6	1	2	1	5
第七天(晚上)	5	2	2	1	5
第八天(白天)	5	1	3	2	4
第八天(晚上)	3	0	2	2	8
第九天(白天)	7	1	2	2	3
第九天(晚上)	3	1	4	2	5
第十天(白天)	7	0	2	1	5
第十天(晚上)	4	0	4	3	4
平均占比	<b>24%</b>	<b>7%</b>	<b>22%</b>	<b>17%</b>	<b>30%</b>

## 研究二、探討泥鰍對溶氧量的反應

文獻資料中提到，天氣晴朗的時候氣壓高，水裡溶解的氧氣量多，泥鰍就會安靜的棲息在水底；陰雨的時候氣壓低，水中的溶氧量會減少，此時泥鰍為了吸取足夠的氧氣會從水底上升至水面吸取空氣，因此我們想研究泥鰍對水中溶氧量的反應，並觀察牠們的行為現象。

### (一)實驗方式

1. 準備自來水和開水來做實驗比較。開水是指利用自來水煮沸過後冷卻的水，我們利用煮沸方式將水中的空氣排掉，使水中的氧氣降低。

2. 準備 25cm 長\*16cm 寬\*24cm 高的實驗缸，將自來水和開水的配比分為五種:(如表 2)，每一種共 5000cc 的水量，依次序作實驗。
3. 為了避免水被擾動造成過多的氧氣進入，所以我們利用虹吸式原理(如圖 7)，依水的配比引入實驗缸中。
4. 實驗前，將實驗配比的水取出，滴入溶氧量測試劑進行測試，以了解水中溶氧量程度，利用溶氧量顏色比對色卡來做對照，顏色越深代表溶氧量越高(如圖 8)。
5. 將 10 隻泥鰍輕放入實驗缸中，觀察泥鰍在不同配比的水中，游到水面呼吸的次數及現象，觀察時間為 5 分鐘，每 30 秒記錄一次。



圖 7 利用虹吸式原理，將開水引入實驗缸中



圖 8 溶氧量試劑的使用

## (二)實驗結果與發現

1. 將實驗紀錄做成表格 (如表 2)

表 2 不同配比的水測出泥鰍在不同時間往水面呼吸的次數

順序	自來水和開水的占比 (比例)	溶氧量	時間(秒) / 泥鰍數量(隻)										總次數 (隻)	
			30	60	90	120	150	180	210	240	270	300		
1	自 5000 cc : 開 0 cc (自來水 1 : 開水 0)	10-11mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2	自 3300cc : 開 1700cc (自來水 2/3 : 開水 1/3)	8-9 mg/l	0	1	0	0	2	0	1	1	5	2	12	
3	自 2500cc : 開 2500cc (自來水 1/2 : 開水 1/2)	5-6 mg/l	1	0	1	4	4	3	4	5	5	6	33	

4	自 1700cc: 開 3300cc (自來水 1/3 : 開水 2/3)	3-4mg/l	4	4	6	0	5	6	5	3	6	6	45
5	自 0cc : 開水 5000cc (自來水 0: 開水 1)	低於 2mg/l	2	2	8	6	5	12	20	20	8	15	98

- 觀察發現，整缸都是自來水時，泥鰍幾乎都停留在水底不需要到水面呼吸，顯現出水裡的氧氣充足(如圖 9)。但隨著開水比例的增加，泥鰍游到水面呼吸的次數就會增加，當缸中的自來水和開水各占一半時，泥鰍到水面呼吸的次數一次比一次多，這表示水中的氧氣少，牠們必須到水面吸取更多的空氣(如圖 10)。
- 缸中的開水超過自來水的占比時，泥鰍的呼吸變得急促，到水面呼吸的次數增加許多。當整缸都是開水時，泥鰍顯得特別躁動，到水面呼吸的次數更是增加許多(如圖 11)。
- 我們利用溶氧量測試劑測出水中的溶氧量，其結果為：自來水溶氧量最高，指數是 10-11mg/l；開水溶氧量最低，指數是低於 2mg/l(如圖 12)。實驗驗證開水的比例越多，泥鰍到水面呼吸的次數會增加。

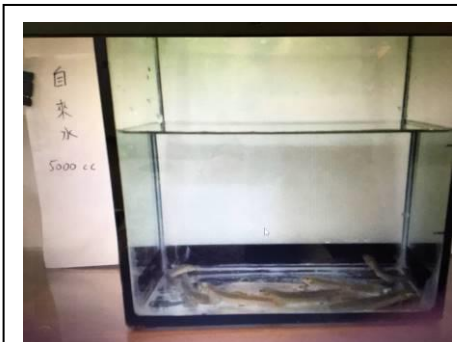


圖 9 在自來水的環境下泥鰍幾乎都停留在水底

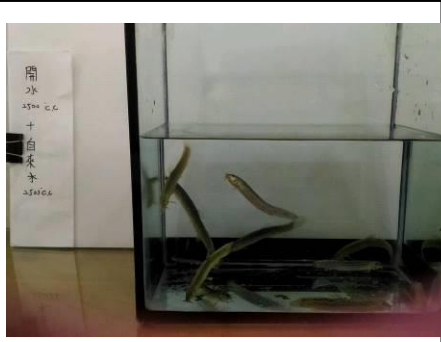


圖 10 自來水和開水各占一半，泥鰍到水面呼吸的次數增加

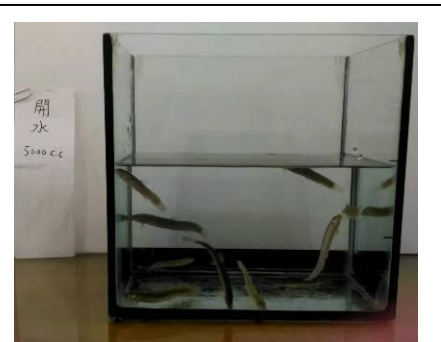


圖 11 在開水的環境下泥鰍顯得特別躁動，到水面呼吸的次數更多

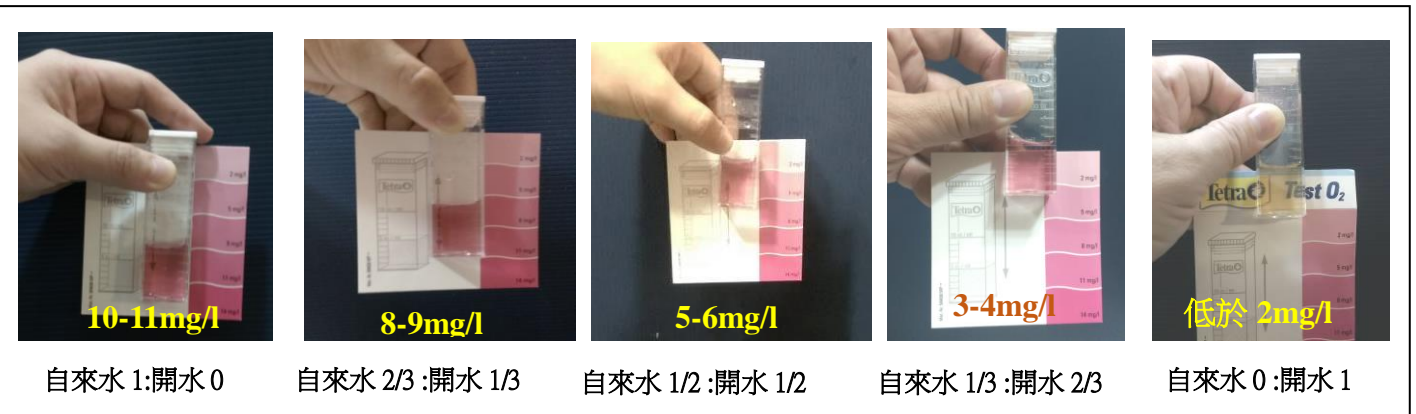


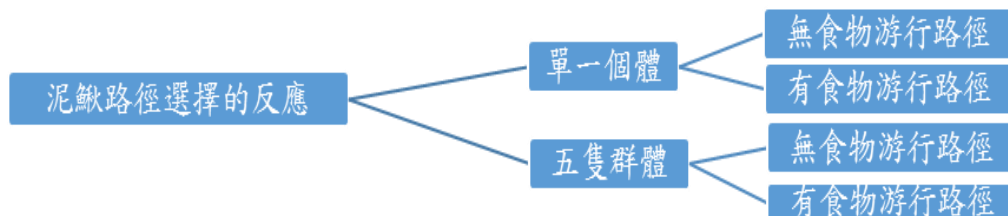
圖 12 利用溶氧量滴劑測出在不同配比的水，所呈現的溶氧量，顏色越深代表含氧量越高

### 研究三、探討泥鰍對路徑選擇的行為反應

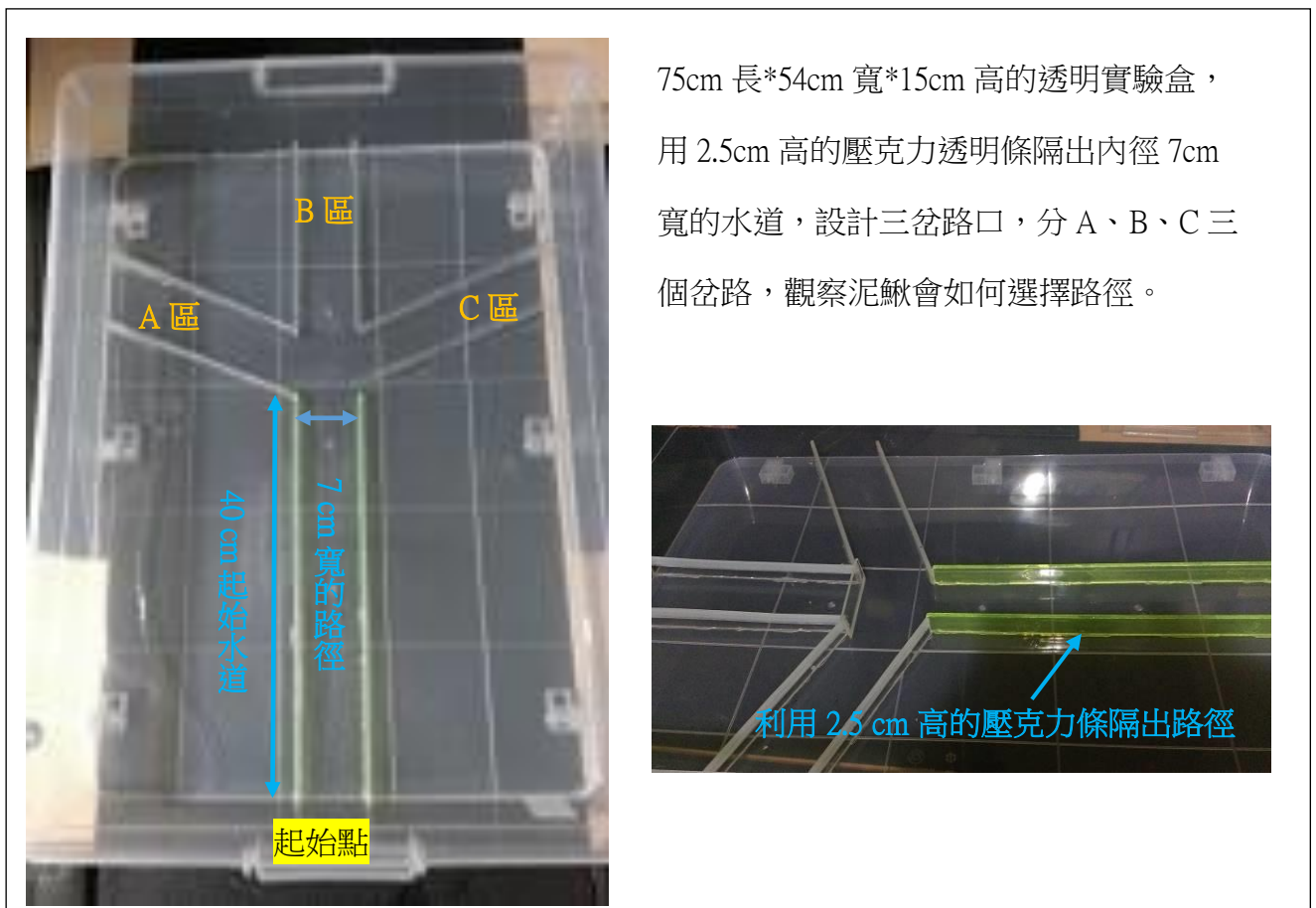
在飼養的階段會發現泥鰍在休息時常會三五成群的群聚在一起，因此對牠們產生好奇，觀察牠們是否喜歡結群游行，當牠們遇到阻礙物時又會是如何呢？於是我們設計出路徑的實驗，想要瞭解泥鰍是否有固定的游行路徑。

#### (一)實驗方式

1. 使用 75cm 長\*54cm 寬\*15cm 高的透明實驗盒，利用 2.5 cm 高的壓克力條劃分空間，路徑寬是 7cm，讓泥鰍有充足的空間可以游行和迴轉，我們設計起始道為 40cm 長的一小段路，讓泥鰍能夠有足夠的時間思考、選擇空間，不會一下子就衝向任一個水道。在水道的後段則設計三岔路口，分 A、B、C 三個岔路，觀察泥鰍會如何選擇路徑（如圖 13）。
2. 這個實驗分為單一個體和五隻群體，分別做無食物的游行路徑和有食物的游行路徑之觀察。為了不影響實驗結果，做此實驗的泥鰍先不餵食食物一天，每個實驗測試 3 次，每一次都放入不同的泥鰍，每次觀察時間為 3 分鐘，並記錄泥鰍的游行路徑和行為反應。



3. 單一個體的游行路徑實驗，是指實驗時只取一隻泥鰍作為觀察對象，在沒有放食物的情形下，牠的游行路徑會如何；另外，有放食物的路徑是用沉水性飼料錠放置三岔路的 A 區角落，觀察牠如何找到食物。
4. 五隻群體的游行路徑實驗，是指實驗時取 5 隻泥鰍作為觀察對象，在沒有放食物的情形下，牠們的游行路徑會如何；有放食物路徑是用沉水性飼料錠放置三岔路的 A 區角落，觀察牠們如何找到食物。
5. 這些實驗我們都利用錄影機拍攝，並記錄牠們游行的路徑。



75cm 長\*54cm 寬\*15cm 高的透明實驗盒，用 2.5cm 高的壓克力透明條隔出內徑 7cm 寬的水道，設計三岔路口，分 A、B、C 三個岔路，觀察泥鰍會如何選擇路徑。

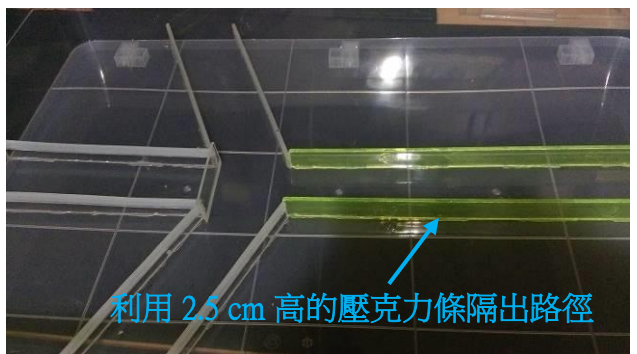


圖 13 泥鰍游行路徑的水道設計

## (二)實驗結果與發現

1. 將單一個體實驗記錄作成表格（如表 3）。

表 3 單一個體實驗的觀察紀錄內容

單一個體	無食物游行路徑	有食物游行路徑
第一次	起始道→B區→C區→岔路停留 60 秒→ A區→起始道→A區→B區→起始道→ A區→B區→A區→B區停留	起始道→A區獲得食物(花費 5 秒的時間 吃到食物)
第二次	起始道→B區→起始道 停留 80 秒→ B區→A區→起始道	起始道→B區→A區獲得食物(花費 8 秒的時間吃到食物)
第三次	起始道→B區→起始道→B區→A區→ C區→A區→C區→起始道→C區停留	起始道→A區獲得食物(花費 3 秒的時間 吃到食物)

- (1) 無食物游行路徑：雖然泥鰍在沒有任何誘因且毫無目的狀況下游行，但可觀察到牠們似乎習慣往直線游行(起始道  $\leftrightarrow$  B 區)或弧形路線游行(A 區  $\leftrightarrow$  C 區)(如圖 14)。我們發現，如果是轉角的路線，大部分是因為身體或頭部先碰觸到壓克力條才會促使牠順勢轉向游行。泥鰍游到盡頭時會想要突破，當牠發現無法通過時，則會 U 型折返游行；但當牠遇到岔口時，有時會突然停留不再前進，除非身體碰到周圍的牆壁才會再繼續游行。

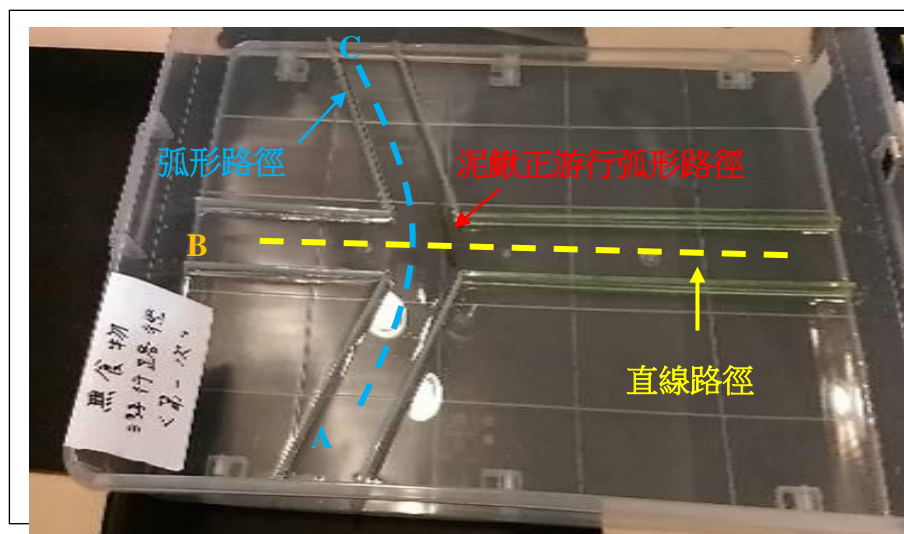


圖 14 泥鰍游行時所選擇的路徑

- (2) 有食物游行路徑：三次實驗中泥鰍平均花費 5 秒就可能找到食物，雖然食物放置於轉角處 A 區角落裡，但在有誘因的情況下，泥鰍可快速到達（如圖 15），可見牠們嗅覺器官相當靈敏。



圖 15 單一個體在有食物的誘因下泥鰍可快速到達

2. 五隻群體實驗記錄作成表格（如表 4）。

表 4 五隻群體實驗的觀察紀錄內容

五隻群體	無食物游行路徑	有食物游行路徑
第一次	<ol style="list-style-type: none"> <li>當五隻同時放入時，其中一隻因驚嚇而立即往前直行到 B 區，其他泥鰍則留在原地。</li> <li>留在原地的其中一隻往前行進，其他的泥鰍則跟隨在後，往 C 區游去。</li> <li>剛開始泥鰍有跟從性，當游到水道的盡頭時，則會折返回去並分散到其他水道，也會互相交換位置，若其中一隻受到驚嚇，其他的泥鰍也會被影響而四處亂竄。</li> <li>最後有 4 隻泥鰍回到起始道。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>第 1 隻泥鰍先發現有食物，是在第 <b>7 秒</b> 的時候吃到飼料。</li> <li>第 2 隻泥鰍也想吃飼料，但吃到食物的第 1 隻用身體擋住對方的路不讓牠通過，可是在第 <b>50 秒</b> 的時候第 2 隻還是成功吃到了。</li> <li>吃到食物的 2 隻泥鰍游到起始道，通知同伴有食物，又游到 C 區成功拉來一個同伴分享大餐，在第 <b>90 秒</b> 時第 3 隻泥鰍吃到食物。</li> <li>只有 3 隻泥鰍能找到食物。 時間：<b>7 秒</b> → <b>50 秒</b> → <b>90 秒</b></li> </ol>
第二次	<ol style="list-style-type: none"> <li>剛開始泥鰍游向各個水道，沒有目的的游走。</li> <li>慢慢有泥鰍會跟著前方的泥鰍行動，但之後又解散開來。</li> <li>5 隻泥鰍突然停格 30 秒，之後有一隻泥鰍因顫動而波動水波，使其他泥鰍受驚嚇而開始游動。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>第 1 隻泥鰍先發現有食物，是在第 <b>10 秒</b> 的時候吃到飼料。</li> <li>泥鰍呈現定格狀態，第 2 隻泥鰍吃到食物是在第 <b>57 秒</b>。</li> <li>第 3 隻泥鰍吃到食物是在第 <b>65 秒</b>。</li> <li>只有 3 隻泥鰍能找到食物。 時間：<b>10 秒</b> → <b>57 秒</b> → <b>65 秒</b></li> </ol>
第三次	<ol style="list-style-type: none"> <li>開始有 3 隻泥鰍馬上游出(1 隻在岔路口，2 隻在 C 區)，其餘的 2 隻仍停留在起始道。</li> <li>這 5 隻泥鰍從實驗開始到實驗結束這 3 分鐘內，停留的水道都沒改變，幾乎處在定格中，這段時間牠們偶爾會動一下但馬上又靜止不動。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>有 3 隻泥鰍相互跟隨找食物，在第 <b>8 秒</b> 的時候馬上就吃到飼料。</li> <li>吃到食物的泥鰍分散邀約同伴來共享食物。</li> <li>第 4 隻泥鰍吃到食物在第 <b>19 秒</b>。第 5 隻泥鰍吃到食物是在第 <b>47 秒</b>。</li> <li>5 隻泥鰍都找到食物。 時間：<b>8 秒</b> → <b>19 秒</b> → <b>47 秒</b></li> </ol>

(1)無食物游行路徑：當泥鰍在無目的和不清楚的狀況下游行，牠們會先行探索。若其中一隻往前行進，其他的泥鰍則跟隨在後，剛開始有跟從性，但當游到水道的

盡頭時，牠們則會折返回去分散到其他水道且不再跟從，與擦身而過的泥鰍互相交換位置；若其中一隻受到驚嚇，其他的泥鰍也會被影響而四處亂竄(如圖 16)。

- (2)有食物游行路徑：此實驗發現，剛開始會有短暫的跟從性，不久就各自分散，看不出有領袖主導(如圖 17)。並非每隻泥鰍都能找到食物，三次實驗平均第一隻找到食物的時間是 8 秒，平均過程找到食物的時間依次是：8 秒→42 秒→67 秒。



圖 16 無食物游行路徑--泥鰍四處亂竄

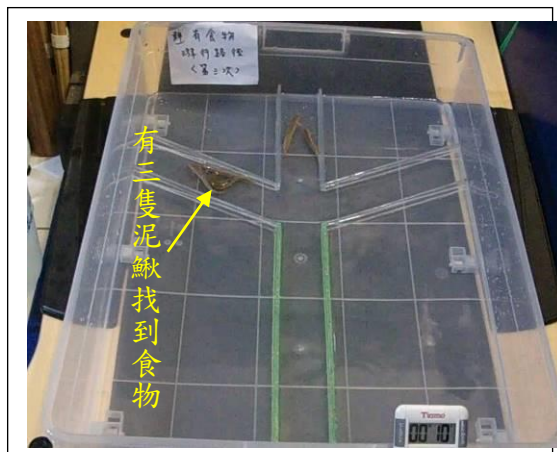


圖 17 有食物游行路徑--泥鰍短暫的跟從性

3. 我們將單一個體與五隻群體的實驗做成比較表(如表 5)：

表 5 單一個體與五隻群體的比較表

項目	單一個體	五隻群體
無食物游行路徑	習慣性會直線游行或弧形路線游行，如果是轉角的路線，大部分是因為身體或頭部先碰觸到障礙物才會促使牠順勢轉向游行。	<ol style="list-style-type: none"> <li>剛開始會停留在起始道，等到其中一隻游出後，其他同伴會跟著游出有跟從性，但不久後就四處分散。</li> <li>泥鰍沒有固定路線，時常會處在定格中沒有活動。</li> </ol>
有食物游行路徑	三次實驗中，泥鰍平均要花 5 秒就能找到食物。	<ol style="list-style-type: none"> <li>三次實驗中，並非每一隻泥鰍都能找到食物，平均有 3~4 隻能找到。第一隻泥鰍平均找到食物的時間是 8 秒。</li> <li>平均整個過程找到食物的時間依次是：8 秒→42 秒→67 秒</li> <li>看不出群體中有領袖主導。</li> </ol>



## 研究四、探討泥鰍對空間的學習記憶反應

我們在底棲缸換水的過程中發現，在注入新的水時，泥鰍在水位超過隔板時就會越過另一個區域，因此我們思考牠們是否有空間記憶，即使水位未超過隔板，但在牠們的空間記憶裡認為是可以游得過去。

### (一)實驗方式

1. 我們用一組有在底棲缸居住過的泥鰍當作實驗組，另一組是完全沒有在底棲缸居住過的泥鰍當作對照組，實驗牠們行為上的差異（如圖 18）。
2. 將實驗缸中的二個分隔區裡，用相同的南海珍珠圓沙當作底棲環境約 6cm 高，再注入水，水位低於隔板 3cm，一邊放入 10 隻泥鰍，另一邊則放入沉水性飼料錠當誘因，觀察當注入水位與隔板 12cm 等高時，會有多少隻泥鰍越過隔板到達另一邊。
3. 每一組各十隻泥鰍，實驗時間為 5 分鐘，每 20 秒記錄一次，觀察有多少隻泥鰍憑藉空間記憶越過隔板吃到飼料。

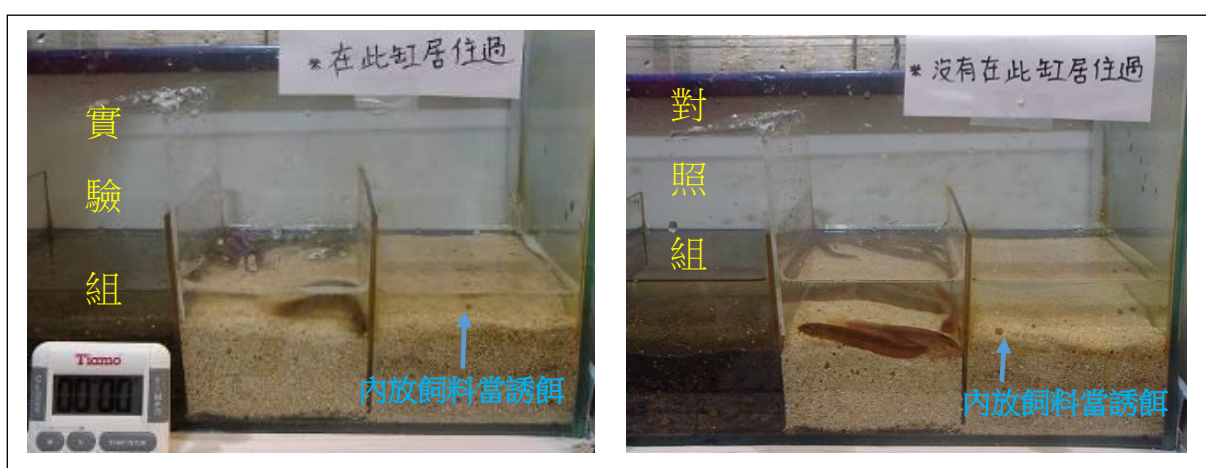


圖 18 實驗組與對照組

### (二)實驗紀錄結果與發現

1. 實驗組的泥鰍剛開始先本能直覺急促地往角落鑽，當水位與隔板同高時，牠們發揮空間記憶，一直往兩側的隔板頂部觸擊想要攀越過隔板到另一個區域，因為在牠們的學習記憶裡，隔板是可跨越的，牠們的行為反應非常激烈，一改遲鈍的印象。我們觀察到，當泥鰍在翻越隔板時，會先讓頭部跨越隔板，利用對頭部施加壓力的方式將身體像翹翹板或撐竿跳一樣翻越隔板，抵達另一隔區（如圖 19）。

**實驗組的行為反應**：往隔板及缸子之間的角落鑽→撞擊隔板→翻越→抵達另一隔區

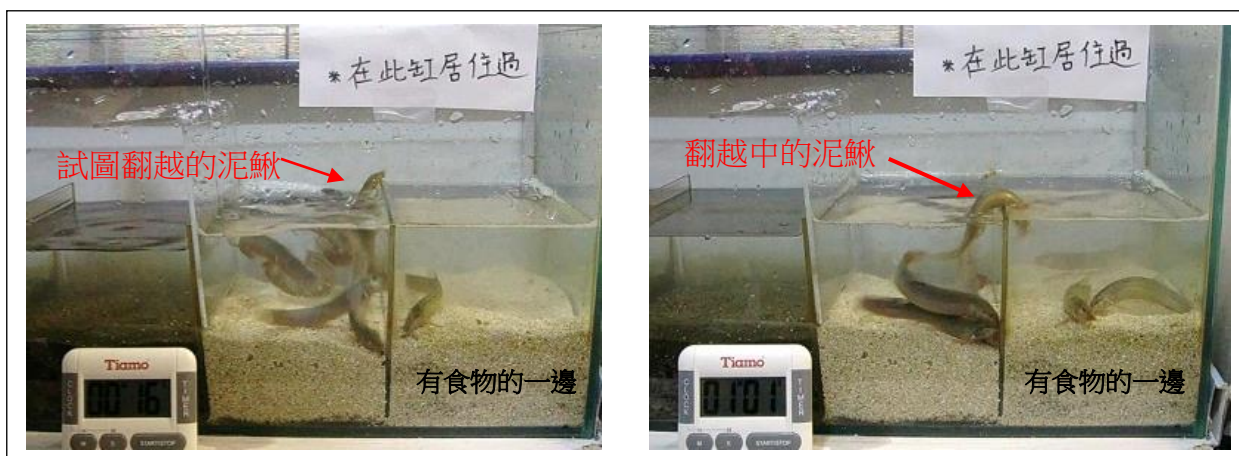


圖 19 實驗組--有在底棲缸居住過的泥鰍對空間記憶有強烈的反應

2. 反觀對照組的泥鰍則是反應平靜停留在原先隔板內，即使隔板另一邊有放置飼料也無攀越或往下鑽等動作。這是因為牠們沒有在此缸居住過，因此沒有空間記憶及經驗，也就不會像實驗組的泥鰍一樣有激烈翻越的反應（如圖 20）。

**對照組的行為反應：留在原地**

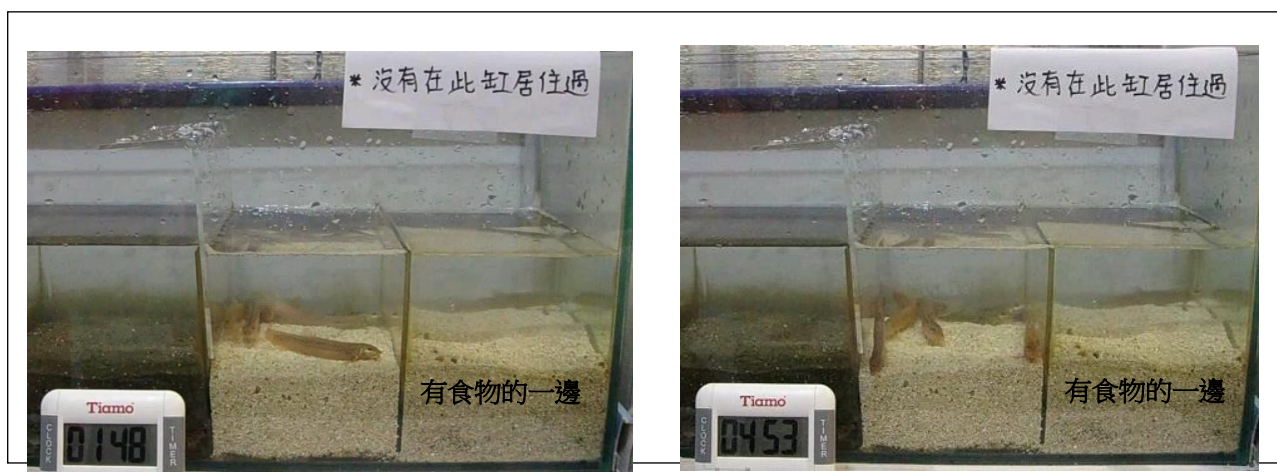


圖 20 對照組-沒有在底棲缸居住過的泥鰍沒有空間記憶經驗而安靜停留在原地

3. 我們將實驗組和對照組的實驗過程記錄成表格（如表 6）並作成統計圖（如圖 21）。

表 6 不同組別的泥鰍在不同時間跨越隔板的數量

泥鰍數量(隻)	時間(秒)															
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
實驗組-有在此缸生存過	0	2	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	8	8	9
對照組-沒有在此缸生存過	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

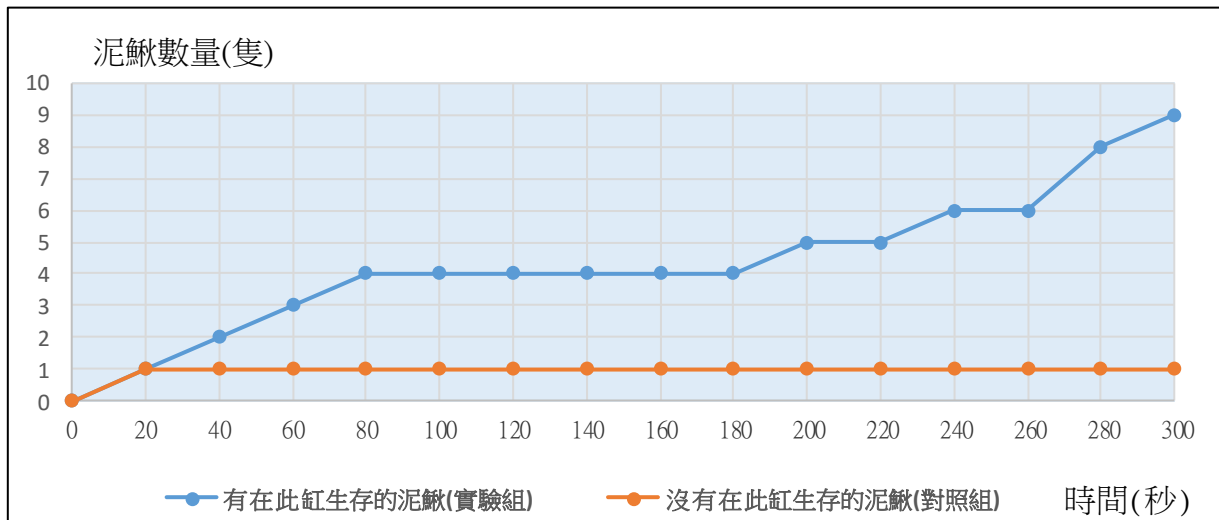


圖 21 泥鰍隨著時間經過跨越隔板的數量

4. **實驗組**：我們發現注入水，但水位尚未到達隔板時，已有泥鰍嘗試翻越隔板，表示這群泥鰍知道隔板是可以越過的；第一隻泥鰍在第 20 秒越過時，還沒翻越隔板的泥鰍看見同伴翻過隔板，也陸陸續續跟著翻過；在 200 秒時已經過半數的泥鰍越過隔板；在 300 秒時，幾乎所有的泥鰍（有 9 隻）已經抵達另一邊，只有一隻還未跨越。
5. **對照組**：第 20 秒時越過隔板的第一隻泥鰍，是因為加水時受驚嚇亂竄而「鼓起勇氣」跳過隔板，其餘的泥鰍在混亂過後不再游動，而一直停留在底砂上，看得出他們對陌生環境的反應。

## 研究五、探討泥鰍對水溫反應

此實驗是為了解泥鰍是否因為溫度的差異而在行為上會有所改變，並找出甚麼樣的溫度是最適合牠們生存。

### (一)實驗方式

1. 在 18cm 長\*13cm 寬\*14cm 高的實驗缸內，鋪上約缸高一半的 6 公分南海珍珠圓沙，由於從底棲環境的實驗裡發現，泥鰍最喜歡棲息在南海珍珠圓沙中，因此在做溫度實驗時就選擇此沙來做鋪底（如圖 22）。
2. 注入水於缸中，注水量低於缸面有 4cm 的距離，這是為了防止泥鰍因驚動而跳出。並在大飼養箱中取出 5 隻泥鰍放入的實驗缸中。

3. 降溫實驗裡，我們從 25°C 開始做測試，並使用冰水、碎冰慢慢加入水中進行降溫，每降 5°C 則記錄一次，設定 20°C、15°C、10°C、5°C 等區段，觀察泥鰍對降溫溫度的反應。
4. 升溫實驗裡，我們以 25°C 開始做測試，利用溫水和加熱棒進行升溫，每升 5°C 則記錄一次，設定 30°C、35°C 等區段，觀察泥鰍對升溫溫度的反應。
5. 進行升溫和降溫的實驗，每測試一次溫度，觀察時間為 3 分鐘。

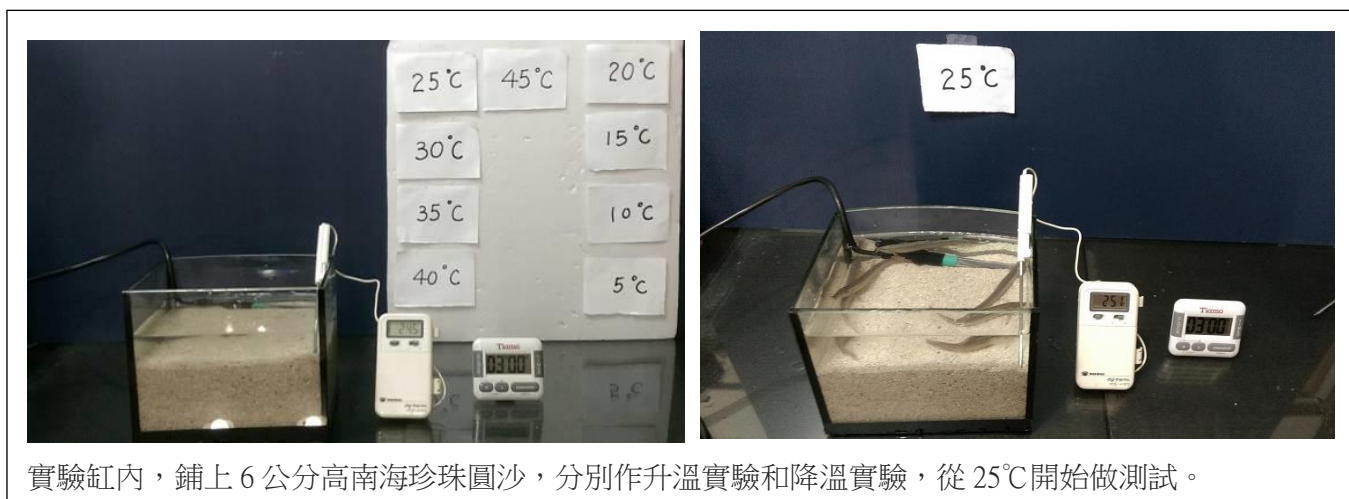


圖 22 水溫實驗設備

## (二)實驗紀錄結果與發現

我們實驗結果做成表格（如表 7）：

表 7 泥鰍對水溫的反應紀錄內容

溫度	泥鰍的行為反應
5°C	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 當溫度降到 8°C 時，開始有泥鰍有翻肚現象（如圖 23），肚子朝上，身體僵硬，為顧及生命，因此立即將翻肚的泥鰍撈起，放入常溫的水裡讓牠恢復活動力。</li> <li>2. 當溫度降到 5°C 時，只有 1 隻泥鰍還能承受冰冷的水溫，其他泥鰍都陸續翻肚，似乎是暫時性的休眠，我們會立即將牠們撈起，放在常溫的水裡，不久就恢復正常。</li> </ol>
10°C	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 泥鰍一直朝向角落鑽，想鑽入泥砂裡，四處躲避冰冷處。</li> <li>2. 身體的顏色會變為更淡的褐色。</li> </ol>
15°C	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 泥鰍似乎感受到環境的溫度變化，身體開始不停甩動，有些躁動且四處游行。</li> <li>2. 身體的顏色會變為淺褐色，這與文獻提及的內容相符合，泥鰍的體色常因生活環境不同而有所差異。</li> </ol>

20°C	1.牠們悠閒的停留在底砂層上，沒有特別的反應，動也不想動，顯得很舒服。
25°C	
30°C	1.泥鰍鰓的呼吸變得非常急促，但仍然會停留在底沙層上，有 1~2 隻的泥鰍會游往水面呼吸。 2.與文獻資料相同，溫度升高時，水中的溶氧量會降低，泥鰍會游到水面呼吸。
35°C	1.開始躁動且四處亂竄，顯得非常焦躁，泥鰍有翻肚現象（如圖 24），泥鰍的肚子朝上，但很努力想翻回來，為顧及生命，因此立即將牠們撈起，放入常溫的水裡，讓牠們恢復正常。 2.缸中有大量的白色霧狀物。



圖 23 降溫實驗裝置

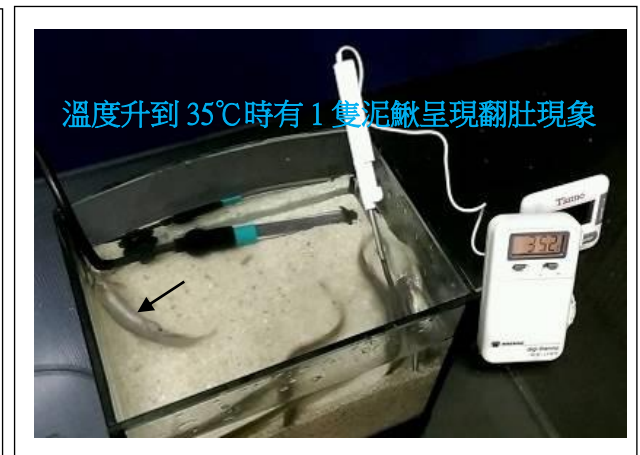


圖 24 升溫實驗裝置

## 研究六、探討泥鰍對光線明暗反應

泥鰍眼睛小視覺差，對短時間的光照沒有趨光性和避光性，對長時間的光照則是趨於迴避，但是也不能在完全沒有光照的環境下生存。這是因為泥鰍體表的黏液中含有大量的微生物用於調節平衡，而這些微生物必需在一定的光照下才能正常繁衍，若長期處在黑暗的水中，泥鰍會因為黏液過少而死亡。因此我們想研究泥鰍對光線的明暗是否會有反應，並觀察牠們的行為。

### (一) 實驗方式 1

1. 將 36cm 長\*22cm 寬\*17cm 高的飼養盒，注入 5cm 高度的水，將飼養盒平均分成兩邊，一邊用黑色塑膠袋包覆著，讓它不透光製造出黑暗，另一邊則不包覆，並架設手電製造出明亮。

2. 將 10 隻泥鰍放入明亮與黑暗交界處，觀察牠們會往哪一邊移動。每隔 1 小時記錄一次泥鰍數量，共計 10 次觀察，每次觀察 1 分鐘（如圖 25）。

3. 我們的實驗分為二組：

**對照組**：明亮和黑暗處都沒有放置任何食物，觀察牠們的生活習性。

**實驗組**：只在明亮處放入 1 顆飼料錠，黑暗處則不放，觀察泥鰍是否會因覓食而前往明亮處，測試泥鰍在有食物的環境下，是否會改變牠們的行為模式。

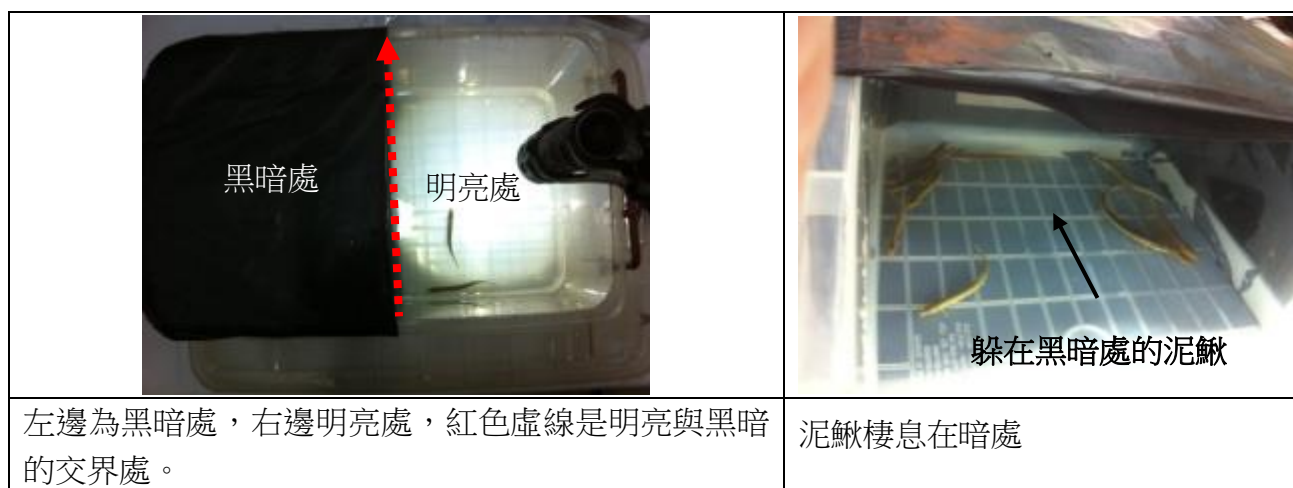


圖 25 明暗實驗的設備與觀察

## (二) 實驗結果 1

1. 將測試後將實驗記錄做成表格（如表 8），並分別做成統計圖（如圖 26、27）。

表 8-明暗實驗 1--對照組與實驗組的泥鰍在不同時間出現的數量

泥鰍數量(隻)		時間(小時)										平均出現隻數
		1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr	8hr	9hr	10hr	
對照組	明亮(無飼料)	2	2	1	0	2	2	3	2	1	2	2
	黑暗(無飼料)	8	8	9	10	8	8	7	8	9	8	8
實驗組	明亮(有飼料)	5	6	8	7	8	7	8	5	7	6	7
	黑暗(無飼料)	5	4	2	3	2	3	2	5	3	4	3

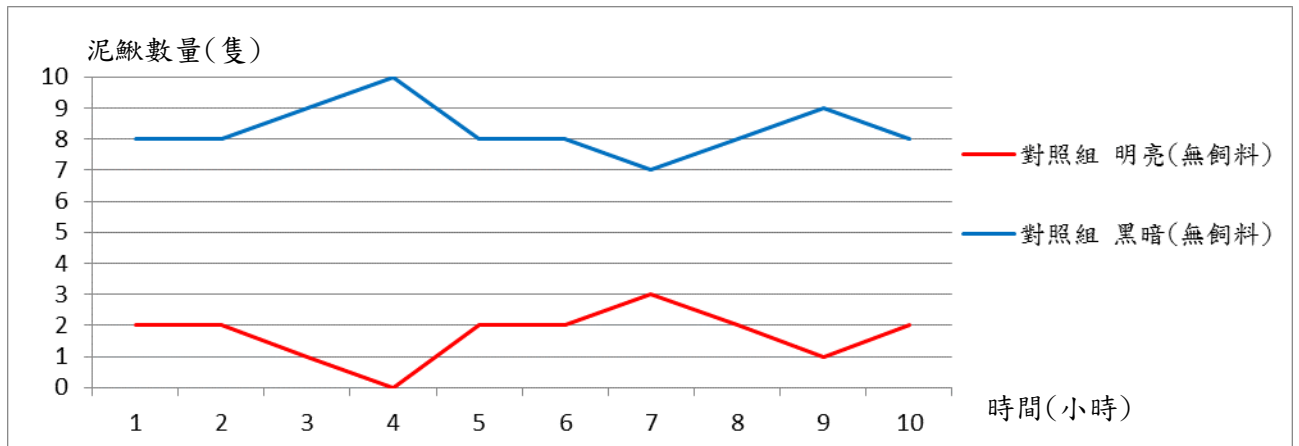


圖 26-對照組明暗實驗 1--明亮和黑暗處都沒有放置任何食物

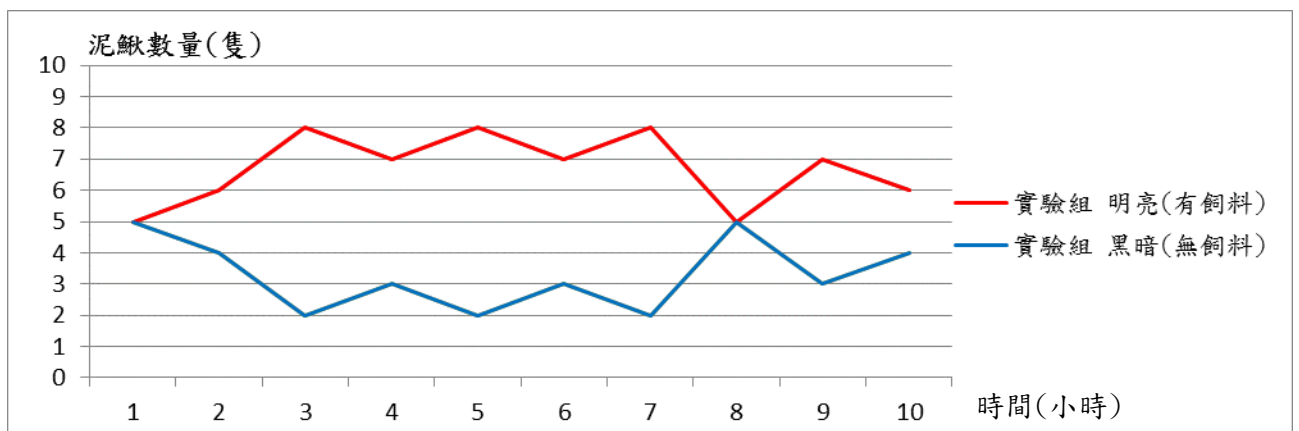


圖 27-實驗組明暗實驗 1--在明亮處放入 1 顆飼料錠

2. **對照組**：大部份泥鰍喜歡棲息到黑暗處，明亮處的泥鰍數量較少，可知道泥鰍有明顯的避光性。
3. **實驗組**：由於泥鰍的觸覺及味覺極為靈敏，在明亮處投入飼料錠時，泥鰍隨即游往覓食，也可能是因為覓食所產生的水波震動，影響到黑暗處部分的泥鰍游至明亮處，實驗結果有 2/3 的泥鰍移往明亮處。
4. 我們觀察到當動物對外界環境產生變化時，將會調整行為加以適應。因此我們想泥鰍是否會因經驗學習而產生制約行為，於是透過實驗方式 2，了解泥鰍是否會因經驗學習有所改變。

### (三) 實驗方式 2

1. 同前述實驗 1 所實驗的 10 隻泥鰍。打開手電筒在光亮處放入飼料 1 顆，泥鰍進食

完後隨即關掉手電筒，1小時後再進行1次，連續實驗5次，上述訓練連續進行3天。第4天飼養盒不放入任何飼料，開啟手電筒1分鐘，觀察泥鰍是否會因過去覓食經驗而游至明亮處，每隔1小時觀察1次，共測試10次。

#### (四) 實驗結果 2

1. 將泥鰍學習後（經過訓練）與未學習（原始的行為模式）的光線明暗實驗記錄做成表格（如表9）。

表 9-光線明暗實驗方式 2-泥鰍經過訓練與原始行為的紀錄表

泥鰍數量(隻)	時間(小時)										平均出現隻數
	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr	8hr	9hr	10h	
學習後 (明亮)	5	6	6	4	5	5	5	6	7	7	6
學習後 (黑暗)	5	4	4	6	5	5	5	4	3	3	4
未學習 (明亮)	2	2	1	0	2	2	3	2	1	2	2
未學習 (黑暗)	8	8	9	10	8	8	7	8	9	8	8

2. 實驗的前幾次，泥鰍會在明暗交接處停留及遲疑，但經過學習次數愈多，發現只要燈一亮，部份泥鰍會隨即由黑暗處游出，待在明亮處且很明顯有覓食的動作。
3. 我們將學習後與未學習的明亮處和黑暗處分別做比較，將它們做成統計圖（如圖 28、29），可以發現到，在經過學習後明亮處出現的泥鰍數量明顯的增加很多，黑暗處的數量則減少，牠們的行為有明顯的差異。

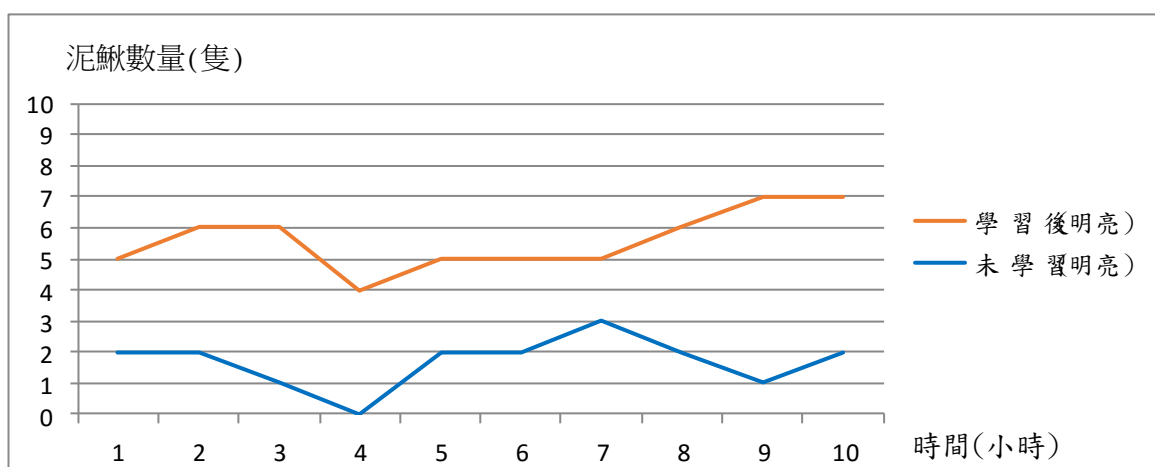


圖 28-學習後與未學習的明亮處的比較



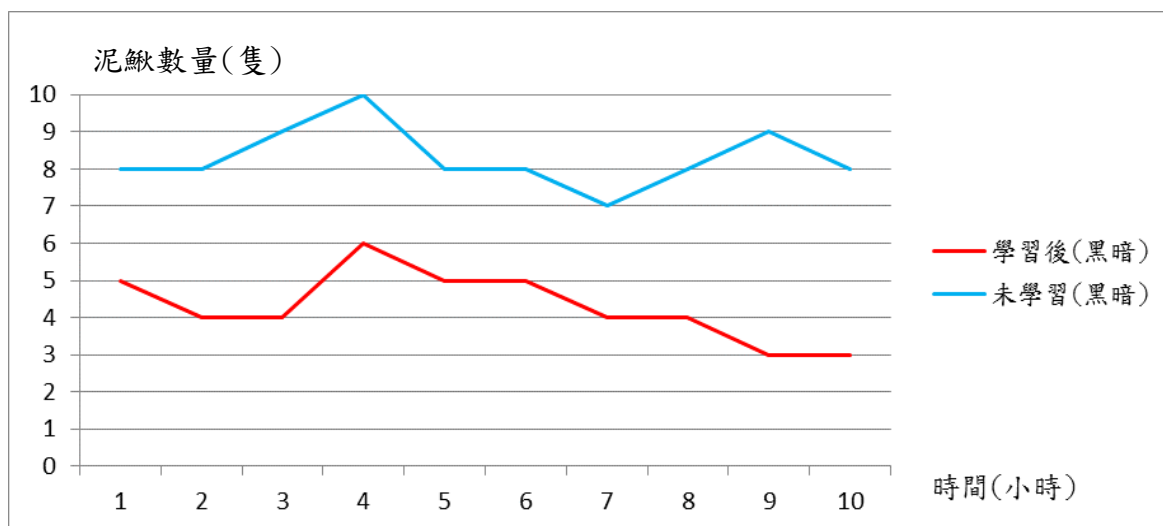


圖 29-學習後與未學習的黑暗處的比較

## 研究七、探討泥鰱對電流反應

地震是地殼快速釋放能量過程中造成的震動，期間會產生地震波，通常地震發生之前都會有一些自然現象，特別是較大地震發生前的各類異常現象，動物也會因地震而產生異常行為。依據文獻指出日本大阪大學宇宙地球科學系實驗室成員曾利用地震時產生變化的一些地球物理、化學因子測試實驗動物，並以量化的方式記錄這些動物的反應。研究包括哺乳類、鳥類、兩棲爬蟲類、魚類、環節動物及軟體動物等，泥鰱亦在魚類研究範圍之一。因此我們想瞭解泥鰱是否能感應到地震來臨前的地電流變化而產生異常行為，因此模擬地電流的變化情形，設計電流實驗來觀察泥鰱的反應。

將實驗設定在水電阻固定的情形下，以改變電壓的方式，來改變電流大小，以歐姆定律方程式表示， $V(\text{電壓})=I(\text{電流})\cdot R(\text{電阻})$ ，來觀察泥鰱是否因電流改變而產生行為上的反應。

### (一)實驗方式

1. 我們用一組泥鰱和一組朱文錦，來實驗牠們在不同電壓所產生的行為反應。由於朱文錦與泥鰱兩者對於環境變化都較能適應，因此我們拿來做比較。
2. 將泥鰱與朱文錦各 5 隻，分別放入 18cm 長\*14cm 寬\*16cm 高的實驗缸中，在缸內鋪上 5 公分高之南洋珍珠圓沙，並注入水 5 公分，用三用電表測量得知水的電阻為 1.9 歐姆。
3. 準備 1.5V 電池 9 顆和 9V 電池 3 顆，將電池的正極和負極相接，依國小自然教科書電池原理以串聯的方式進行實驗，電池串聯後立即以三用電表測量電壓。實驗時

電池正負極分別接上 0.65mm 銅線，將銅線放入水中進行 3 次實驗，觀察泥鰍的反應，每次觀察時間為 1 分鐘。

## (二)實驗結果

1. 將實驗記錄做成表格（如表 10）。

表 10 比較泥鰍與朱文錦對不同電壓所產生的反應（以下電壓數字以四捨五入法取至小數第一位）

電池說明	電壓(V)			行為說明	
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	泥鰍	朱文錦
					
1.5V-1 顆	1.6	1.6	1.6	無反應	無反應
1.5V-2 顆	3.2	3.2	3.2	無反應	無反應
1.5V-3 顆	4.8	4.9	4.8	無反應	無反應
1.5V-4 顆	6.5	6.5	6.5	有反應 有一隻泥鰍在水中碰觸到銅線，可能感受到電流，急於鑽入砂中。	無反應
9V-1 顆	8.9	8.6	8.4	泥鰍靠近銅線有較明顯的反應，會遠離銅線的區域，實驗中有泥鰍會鑽進砂中躲避。	無反應
1.5V-9 顆	14.6	14.6	14.5	銅線一放入水中，泥鰍立即顯得急躁不安，到處亂竄，實驗結束後泥鰍有跳離水域的動作。	無反應
9V-2 顆	17.6	17.5	16.9	銅線一放入水中，泥鰍立即顯得急躁不安，其中有一隻因實驗過程一直接近銅線、身體捲曲，好像有暫時性昏迷的現象，實驗結束後立即恢復。	無反應
9V-3 顆	26.9	26.7	25.8	銅線一放入水中，泥鰍立刻有強烈感受，到處亂竄，可能電流太強，有泥鰍被電暈翻肚，為顧及泥鰍生命，實驗時間縮短為 30 秒，實驗結束後泥鰍亦立刻恢復。	有反應 會閃避和遠離銅線的區域。

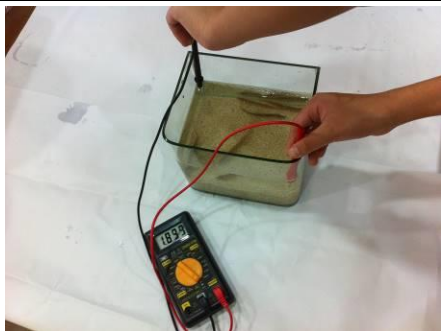
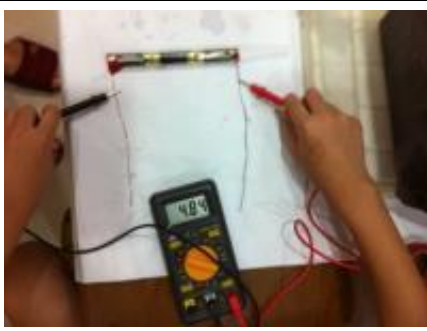



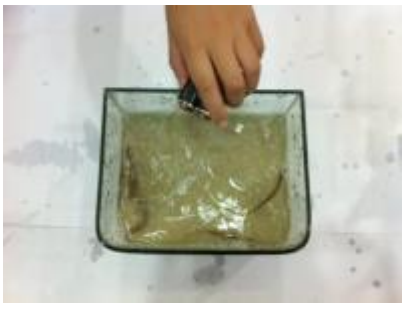



		
三用電表測量水的電阻為 1.9 歐姆	三用電表測量 1.5V*3 顆	三用電表測量 9V*2 顆
		
1.5V* 3 顆--泥鰍無反應	9V* 1 顆--泥鰍感受到電流鑽入砂中	9V* 2 顆--泥鰍明顯急躁不安
		
1.5V* 4 顆--朱文錦無反應	9V* 2 顆--朱文錦無反應	9V* 3 顆-- 朱文錦會閃避和遠離銅線

圖 30 電流實驗示意圖

2. 泥鰍在電壓 1.6V~4.9V 時還無反應，但在 6.5V 時則開始有反應，其中一隻泥鰍在水中碰觸到銅線，可能感受到電流，急於鑽入沙中。電壓在 8.4V 時，泥鰍有較明顯的反應，當牠們游經過銅線附近時反應較大，泥鰍會急於閃避，且會直接鑽進沙中躲避。電壓在 14.5V 時，泥鰍立即顯得急躁不安，有的泥鰍鑽進沙中隨即又鑽了出來，在實驗結束後拿出銅線後，泥鰍有跳躍急於跳離水域的動作表現。
3. 電壓在 16.9V~17.6V 時，泥鰍的反應非常劇烈、到處亂竄，接近銅線的泥鰍呈捲曲狀不動了，可能是被電暈了有暫時性昏迷的現象，但實驗結束後立即恢復。
4. 電壓在 25.8V~26.9V 時，泥鰍對電流有更強烈的感受，可能因電流太強而產生了暫

時性的休克、翻肚現象，浮在水面，為顧及泥鰍生命安全，9V 的 3 顆電池實驗時間僅維持 30 秒即提前結束，在實驗結束後，暫時性昏迷的泥鰍經過數 10 秒後隨即有了生命跡象。反觀朱文錦，這時才開始有反應，會閃避和遠離銅線的區域。

5. 從以上實驗觀察到(如圖 30)，朱文錦對電流的感應程度較低，而泥鰍能感覺到較微小的電流，而做出與平常不一樣的反應。

## 陸、討論

- 一、我們觀察到在夏天時，如果 2 天以上沒有換水，泥鰍就容易死亡。泥鰍所排放的排泄物及黏膜代謝物，猶如水母般的白色霧狀透明物，這些排泄及代謝物會造成水質混濁和污染，也會使水中的溶氧量降低，而且泥鰍的排泄物中含有毒素的阿摩尼亞（氨）過多也會造成泥鰍死亡。冬天時，泥鰍的活動力減少，進食量也變少，因此排泄及代謝物也會減少，較不易污染水質。由此觀察可知，牠們喜歡乾淨的水域，與我們認知的泥鰍生活在充滿泥濘的環境不同。牠會生長在泥巴地是為了藏匿其中，藉以躲過嚴寒、炎熱的氣候和泥土裡有足夠的微生物可維生，而且微生物也會分解泥鰍的排泄物。
- 二、在飼養的初期我們用打氣機連接氣泡石，放入水中角落製造氧氣，發現泥鰍會三五成群靠在表面粗糙的氣泡石周邊穿梭圍繞，但隔幾天發現他們的皮膚會破皮露出紅色，不久就相繼死亡。經過資料調查才知道，泥鰍的表皮與粗糙的氣泡石摩擦後會有傷口，會經由細菌感染，形成赤皮病，而且會和其他泥鰍交互感染。
- 三、泥鰍因活動力佳，如果飼養盒的水位較高時，則泥鰍容易跳出水面。若離開水的時間不長，由於泥鰍的皮膚可以暫時鎖住水份，放入水中仍可存活；但離開水的時間若過久，則可能因皮膚上的水分完全蒸發而死亡。
- 四、我們發現泥鰍停歇在水底時，會利用胸鰭撐著水底。泥鰍的胸鰭形狀極為特別，是長形的水滴狀魚鰭，也因為泥鰍的腹部沒有魚鱗保護，容易與砂石摩擦，所以演化成為如三腳架功用的胸鰭，能撐住身體。
- 五、若將泥鰍放入只有水的缸中飼養，泥鰍顯得十分慵懶、不愛活動，且蟄伏在水底層，會互相靠疊在一起。但我們換上有泥沙層的底棲環境，牠們則變得十分活躍，且會自由的

移動到不同的底棲泥砂層生活。我們也觀察到牠們彼此之間沒有攻擊性、沒有地域性、似乎沒有所謂的領導者，即使來了一批新的同伴，牠們似乎能互相接納對方。

六、在底棲環境中，泥鰍會在泥土和河沙中用五對口鬚覓食，可能是因為泥土和河沙中含有微生物而有此現象。我們也觀察到泥鰍 5 對口鬚愈張開愈直挺時，代表牠們的活動力愈好；口鬚下垂變軟而不直挺或甚至有些捲曲情形時，表示牠們的活動力變差，應是生病，因此可以由口鬚推測其健康程度和活動力。

七、在溶氧量實驗時，將煮沸後的冷開水取樣進行溶氧量試劑測試時，發現若取水擾動時水面與空氣接觸將會增加水中含氧量，造成實驗偏差，所以實驗注入煮沸後冷開水時是以軟水管運用虹吸原理的方式將水引入實驗缸，以減少水與空氣接觸。實驗時會發現，水面上會有一小顆的泡泡，仔細觀察發現這是泥鰍游到水面呼吸時，從肛門排出的氣體。

八、在做水溫實驗中，當水溫升到 35°C 時，我們發現水中會有白色霧狀物，推測是因泥鰍激烈碰撞或溫度高，造成黏膜脫落所產生的。由於升溫到 35°C 時，泥鰍有翻肚現象，為顧及並尊重生命，我們就不再進行 35°C 以上的實驗。

九、明暗實驗中發現，泥鰍會因燈光及食物的連結，經過一次次的經驗後，發展出關聯性學習，而產生制約行為。

十、空間學習記憶、水溫、電流實驗裡，原本為較符合大自然棲息環境，以新海三期人工溼地的泥土做為棲底層，但因泥鰍躁動會造成水質混濁不易觀察，所以將棲底環境改為牠們較喜好的南海珍珠圓沙。

十一、電流實驗中，為避免泥鰍體力耗損，每一循環取樣不同的泥鰍進行實驗，以增加實驗準確性。在實驗時水面會冒出白色小泡泡，這表示有電流形成，代表水溶液能導電，也就是產生電解現象，但這些泡泡必須要撈起，以免影響觀察。

十二、電流實驗發現，泥鰍對環境周遭的敏銳度比其他生物更高，也由於泥鰍的魚鱗比起朱文錦來的細小，因此牠們比起其他的魚類更能感受到外在的變化。所以當地震前地磁和地電流發生變化時，會產生地震動物異常行為的前兆現象，所以泥鰍會被拿來當作預知地震的生物。

## 柒、結論

- 一、在底棲環境喜好的實驗中可發現，泥鰍會選擇顆粒細小且表面接觸較圓滾、滑順，而且容易鑽入的泥沙。南海珍珠圓沙則是泥鰍最喜愛的環境，雖然它是屬於潔淨的沙不含微生物，但舒適的環境是泥鰍的首選。因此顆粒較粗糙，會與泥鰍的皮膚產生摩擦的磯砂，不利於泥鰍生存。
- 二、從溶氧量實驗中觀察到，自來水溶氧量較高，泥鰍大多停留在水底；煮沸後的冷開水因為經過加熱將水中的空氣透過蒸發帶走，所以水裡的溶氧量極低，泥鰍就顯得特別躁動，到水面呼吸的頻率增加，也就是泥鰍在氧氣不足時進行的腸呼吸。由此實驗，我們可以利用泥鰍作為水中溶氧量的環境檢測指標。
- 三、由游行路徑的選擇反應觀察到：
  - (一) 在沒有食物的狀況下，單一個體的泥鰍會習慣性走直線路徑或弧形路徑，也由於沒有受其他泥鰍影響，較能順著天生的直覺本能游行；群體的泥鰍會有短暫的跟從性，但在毫無目的游行一段路後，牠們會選擇分散游行，較無一定的秩序。
  - (二) 在有食物的狀況下，單一個體找到食物的時間比群體找到的時間快，群體當中如果有一隻吃到食物後，游出去後會通知其他泥鰍但不會帶領，看不出有領袖主導。
  - (三) 此實驗看不出泥鰍有領袖主導，也看不出有社會階級，其社會性的行為低。
- 四、水溫實驗發現，20°C~25°C是泥鰍最喜歡和適合牠們的溫度，但一旦環境的溫度變化了，牠們的體色會隨著改變，尤其是溫度下降時體色會變淡；在8°C以下泥鰍會產生休眠現象和35°C以上會產生休克現象，因此太冷或太熱都不利牠們生存，所以牠們會鑽入泥層躲避寒冷和炎熱。
- 五、研究發現，泥鰍對環境事物具有空間記憶能力，對曾經居住過的環境會有記憶，且能在短時間內回想曾經生存過的環境，牠們的行為反應非常激烈，一改遲鈍的觀感，牠們經由經驗的學習中獲得而改變行為。
- 六、從明暗實驗讓我們觀察到，雖然泥鰍較偏愛在黑暗處，但若在光亮處有放置飼料的情況下，迫使肚子餓的泥鰍移往光亮處覓食，套句俗話「民以食為天」，應用在泥鰍身上也挺恰當的。我們也發現泥鰍經過不斷的反覆訓練，會因經驗學習而產生記憶且有制約行為

現象，牠們會將光亮和食物聯想在一起，當牠們發現手電筒打開後，就認為會有食物出現，因此產生一種條件反射，只有開燈沒有食物也會游出來。

七、利用電池的電壓來模擬地震前的地電流變化情形，從實驗結果可以觀察到，泥鰍對電流很敏感，在電壓 6.5V 時就已經有反應，牠們一旦感應到電流時會開始走避，顯得躁動不安，因此會有鑽土躲避或跳離水域的現象，若電壓到達 25.8V 時，泥鰍會承受不住電流而發生休克並有翻肚現象。反觀朱文錦則在電壓 25.8V 時，才開始有反應，牠們會閃避和遠離銅線的區域。

## 捌、參考資料

1. e 世紀十萬個為什麼。幼福文化事業股份有限公司。
2. 沈文英（1884）。泥鰍飼養法。台南：文國書局出版社。
3. 林春輝（1995）。新光復科學圖鑑-魚類的生活。台北：光復書局出版社。
4. 追根究柢大全。氣象知識 1。欣大出版社。
5. 張文重等編著（1999）。世界淡水魚類探索。養魚世界雜誌社。
6. 池谷元伺 原著 / 黃清華 譯 (2000)。地震前動物為何起騷動。基隆市：水產出版社。
7. 梁鶚（1985）。水產養殖。台北：財團法人豐年社。
8. 鄒葉茂、張汪明（2014）。泥鰍養殖新技術。中國大陸-北京：化學工業出版社。
9. 羅姆.哈瑞(2010)。帕夫洛夫的狗與薛丁格的貓。台北市：商周出版。
10. 王美芬等人(2012)。國小自然生活與科技(四上)。台北市：康軒文教事業。
11. 地震前人動植物異常現象・取自  
<http://www.reconnectiontaiwan.tw/viewthread.php?tid=3200>
12. 百度百科 <http://baike.baidu.com/>
13. 蚯蚓大量離洞之現象與原因・取自  
[http://web.nchu.edu.tw/~htshih/worm/earthwm/eq\\_earth.htm](http://web.nchu.edu.tw/~htshih/worm/earthwm/eq_earth.htm)
14. 國立海洋生物博物館 <http://www.nmmba.gov.tw/index.aspx>
15. 維基百科 <https://zh.wikipedia.org/>
16. 大肚魚的群體決策行為研究及電腦模擬(2014)。全國中小學科展作品第 54 屆國中組作品
17. 來電搭橋誰最行？水溶液導電情形的探討(2000)。全國中小學科展作品第 40 屆國小組作品

## 【評語】 080317

研究調查及觀察泥鰍對底棲環境、溶氧量、路徑、空間學習等行為反應，對兒童來說屬於有趣的活動。

但在研究方法上，選擇實驗組與對照組的樣本過程缺乏樣本一致性的評估，再加以思考。