

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

030321

沉魚落「顏」，「魚」云「憶」云

學校名稱：國立科學工業園區實驗高級中學(附設國中)

作者：  國二 陳瑾寧  國二 劉予慈  國二 鄧敬蓉	指導老師：  揭維邦
---	------------------

關鍵詞：群體效應(Population Effect)、  
斑馬魚(Zebrafish)(*Danio rerio*)、  
記憶(Memory)

## 摘要

本實驗利用斑馬魚(Zebrafish)(*Danio rerio*)做為模式生物，探討群體及長短期記憶的持續性對行為的影響。我們的實驗確認斑馬魚可透過訓練去記憶並分辨與食物配對的顏色。就性別來說，雄魚較雌魚能夠迅速而準確地記憶放有飼料的顏色位置。在群體效應對記憶力影響的實驗中，個體斑馬魚傾向選擇與魚群共同行動。且雄魚群體對雄魚個體的影響力，明顯地大於雌魚群體對雌魚個體。在研究長期和短期記憶對斑馬魚記憶的影響時，我們發現 11 天長期記憶的訓練和 1 天短期密集記憶的訓練相比較，以長期記憶影響斑馬魚的行動較為明顯。我們的實驗證明了長期記憶的持續性大於短期記憶，且群體效應對個體的行為具有顯著地影響。

## 壹、研究動機

國一時曾在生物課本中學到，魚類屬於較低等的脊椎動物，人類雖然同樣身為脊椎動物，卻有較高的學習和思考能力。我們好奇較低等的魚類是否具有好的學習與記憶能力，且此能力是否會受群體效應所影響。透過閱讀文獻指出斑馬魚的記憶約可以保存 10 天(文獻 1)，而有些魚類的記憶則可長達幾個月之久。這引起我們想要探討斑馬魚記憶能力的好奇心，更想進一步了解可能影響其學習及記憶的因素。學習記憶與我們的生活息息相關，有較佳學習能力者，通常會有較佳的反應能力去面對周圍的變動，而有較佳記憶能力者，則有助於學習更多的知識。所以在這次科展，我們希望可以藉由實驗來進一步探討斑馬魚的學習與記憶能力。希望能夠從實驗中了解斑馬魚學習及記憶的特性，及群體對個體記憶可能造成的影響。

## 貳、研究目的

群體效應是指透過群體對個體約束或引導，導致群體中的個體，在心理和行為上發生一系列的變化。群體效應中的從眾效應是指個體在群體的壓力與影響下，改變自己的觀點，在意見和行為上保持與群體其他成員一致的現象。而記憶力可分為短期記憶與長期記憶。短期記憶是大腦即時生理生化反應的重覆，長期記憶則是大腦細胞內發生結構改變，建立了固定聯繫。本次科展，我們以斑馬魚作為模式生物(文獻 3)，期能藉由長期訓練斑馬魚的記憶力所得到的結果，獲得不同的發現。我們想探討的內容有二項：(一)測試是否會因魚群的行為而改變個體的行為模式，進而影響個體在長期訓練下的記憶？(二)想比較長期和短期記憶對於斑馬魚來說，何者會主宰他的行為模式？

實驗的第一階段是藉由訓練斑馬魚(Zebra Fish)之學習與記憶能力(文獻 2)，來測試經過訓練的個體斑馬魚對於魚群整體的行動會受到何種程度的影響，並研究對於斑馬魚來說，群體效應是否會對它本身造成記憶混亂之情況。第二階段同樣是測驗記憶能力，以觀察短期記憶對於長期記憶造成的影響。我們特別挑選公魚和母魚各十隻並在相同的條件下加以訓練，觀察性別是否對於斑馬魚的記憶力有所影響(文獻 4)。相對的，我們也可以在實驗中加入異性因素，探討斑馬魚是否會因為追隨異性而放棄餌料。因此我們設計了下列幾組實驗來驗證並測試擬探討的問題。

- 一、探討斑馬魚是否具有學習及記憶能力
- 二、探討斑馬魚是否有群體行動的本能
- 三、探討性別吸引力是否影響斑馬魚之記憶行為
- 四、探討斑馬魚對於長短期記憶的選擇

## 參、研究設備及器材

### 一、野生種斑馬魚 AB 品系(Strain)

此種類斑馬魚為目前科學實驗中最常被使用的品系



### 二、魚房

魚房中的條件控制在 28°C，濕度 40%~60% 左右，因此確保所有魚的健康、存活及舒適。



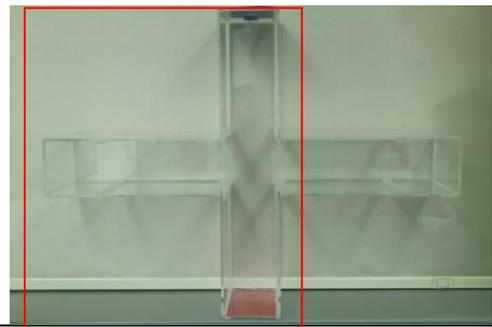
### 三、魚缸

二十隻斑馬魚在各別魚缸分別飼養，提供給每一隻魚相同的飼養環境，確保實驗結果的可信度。



### 四、十字迷宮(透明)

在行為科學研究中，十字迷宮給動物一個簡單、明瞭的選擇和實驗空間，多用來研究動物透過各種刺激對於記憶和空間的學習與影響。本實驗所採用的只有 T 字型的部分。



### 五、DSP 相機 KMS-63F4

CCTV 能夠完整地錄下實驗，提供實驗結果的相關證據。



### 六、豐年蝦

餵食每一隻斑馬魚約 0.4ml 的豐年蝦以確保最基本健康及動能(熱量)，但為了以「飢餓」吸引斑馬魚尋找食物藉以達到訓練的效果，因此我們所給予的食物並不以餵飽魚為目的。



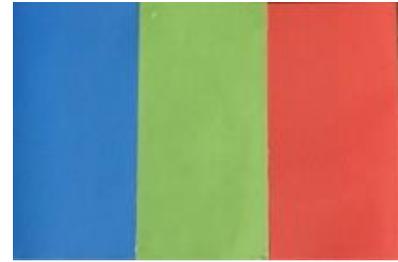
### 七、魚飼料

我們的實驗是採「獎勵制」，即是餵食以飼料(Zeigler Zebra Fish Adult Food)。我們將飼料塞入塊狀的海綿(約 4x4x4 公分，用來固定魚飼料)，魚只有在接觸到海綿才能夠吃到食物，作為訓練魚的獎勵。



### 八、色卡

在 T 型迷宮的橫軸兩臂貼上色卡，在選擇的色卡前方放置裝有飼料的海綿，利用訓練讓魚對顏色與裝有飼料的海綿產生連結。



### 九、麻醉劑

Tricaine Methane Sulfonate(MS-222)

為使用最廣泛的一種活魚麻醉劑，我們用這個來標示實驗的觀察對象。

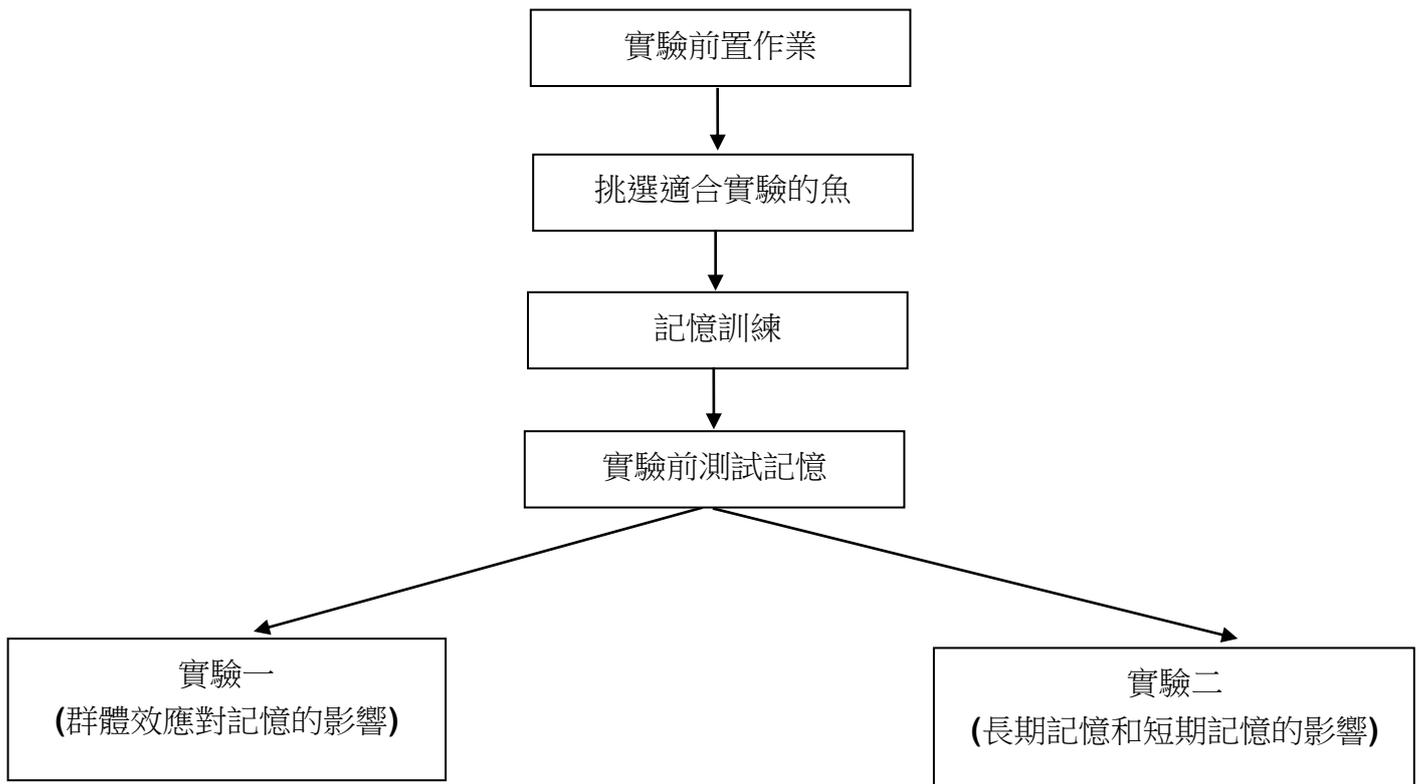
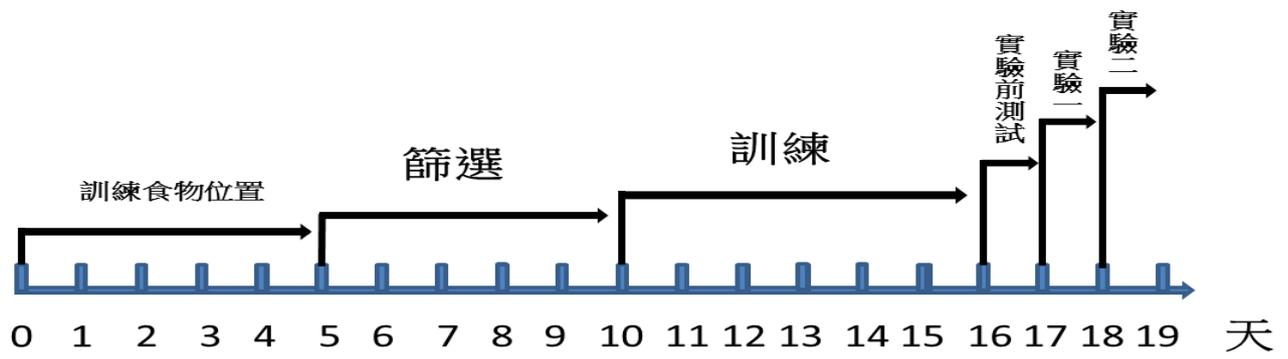


### 十、標示劑

此產品原是用於嚙齒類動物的毛皮標記，是無毒、無害且經日本衛生、勞力和福利部批准的動物標記。



實驗流程:



## 肆、實驗過程及方法

### 一、 實驗前置作業：

(一)目的:實驗中，我們採取獎勵制的方式進行，挑選及訓練的過程中，斑馬魚游到正確的位置才會有食物吃。

(二)方法:

1. 挑選年齡(約八個月)和體型相當的雄性和雌性斑馬魚各十隻
2. 五天內，每日間隔兩小時放置裝有人工飼料的海綿，一日三次，放置後十五分鐘取出，藉此訓練他們建立海綿內有食物的觀念
3. 訓練結束後，將雌魚和雄魚分至不同的 20 缸內並進行編號，雌性以 F 1~F 10 編號，雄性以 M1~M10 編號



(圖 1 斑馬魚正學習去食用海綿中的飼料)



(圖 2 分缸)

### 二、 挑選適合實驗的魚

(一)目的:針對學習力進行挑選，選擇具有較佳學習能力者

(二)方法：

1. 在 T 型魚缸左側貼上藍色的色卡，右側貼上紅色的色卡
2. 在貼有藍色色卡處放上內含有魚飼料的海綿，接著將一隻斑馬魚撈入至 T 型魚缸中的準備區適應水溫一分鐘
3. 一分鐘過後將準備區的閘門拉開，使魚進入到 T 行魚缸的水道
4. 在計時兩分鐘內，紀錄魚吃到海綿中飼料的次數、拉開閘門後經過幾秒為第一次吃到海綿中飼料的時間
5. 五天中，二十隻魚各實驗一次

### 三、 訓練

(一)目的：訓練的目的在建立飼料和色卡之間的連結

(二)方法：

1. 挑選並訓練記憶在貼有藍色色卡一側有放有飼料之海綿的雌雄魚各四隻（以下簡稱為公 1、公 2、公 3，公 4、母 1、母 2、母 3、母 4）
2. 另外針對特定的一隻雌魚一隻雄魚（以下簡稱紅 m 和紅 f）訓練牠們建立紅色色卡有放有飼料的海綿的觀念
3. 方法同上述實驗步驟 1-4
4. 全程關燈並開啟錄影設備

### 四、 實驗前測試斑馬魚記憶和色卡連結的情形

(一)目的：根據參考的文獻中指出斑馬魚具有記憶顏色的能力(文獻 1)，在所有訓練完成

後，不管是被訓練記憶藍色或紅色的斑馬魚，我們都將做為引導的飼料拿走，並交換紅色和藍色色卡放置位置，藉此測試他們是否成功記憶色卡的顏色，而非位置或食物氣味。

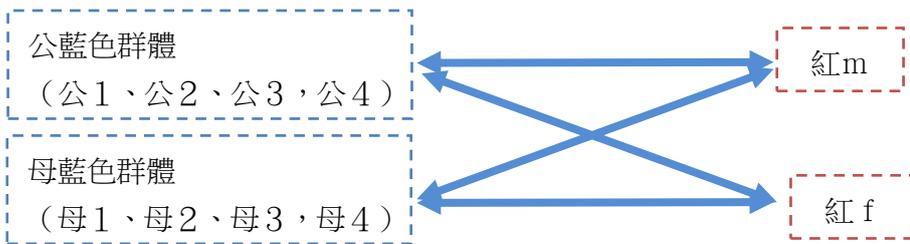
(二)方法：

1. 第一輪實驗（放置裝有飼料的海綿—加強記憶）
  - (1) 在T型魚缸的左側貼上藍色的色卡，在右側貼上紅色的色卡
  - (2) 關上燈並開啟錄影設備
  - (3) 分次將訓練完成的魚（ $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ 、 $m_4$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ 、紅 $m$ 、紅 $f$ ）放入T型魚缸內的準備區1分鐘
  - (4) 一分鐘後拉起準備區的閘門
  - (5) 在兩分鐘內記錄在該區待的時間、吃飼料的次數、第一次抵達該區需要秒數、以及在該區待的次數
2. 第二輪實驗（沒有放置有飼料的海綿）
  - (1) 實驗方法同上

## 五、實驗—群體效應對記憶影響

(一)目的：為了探討不同性別的群體是否會影響斑馬魚的記憶。我們將訓練記憶藍色的公魚或母魚，以四隻相同性別為一個群體，分別與紅 $m$ 和紅 $f$ 互相搭配，觀察彼此的互動。

圖示說明：



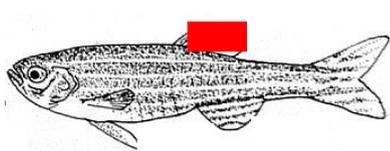
(二)方法：

一、實驗前準備（目的：辨識魚隻）

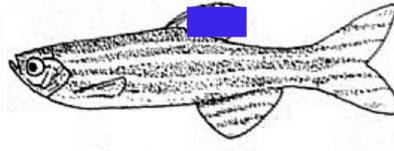
※註:(因動物保護法規定，未成年及未曾受過動物操作安全訓練者不能進行此實驗，故此部分的實驗由指導的老師為我們進行)

(1)紅 $f$ 和紅 $m$ 上紅色塗料（圖1）

- I. 將魚浸泡於麻醉劑中，待斑馬魚的活力下降進入麻醉狀態
- II. 將魚移到塑膠皿中，將螢光染料塗在魚的尾鰭部分
- III. 約兩分鐘後，用衛生紙測試顏料是否滲入
- IV. 顏料乾後，將魚放入乾淨的水中，等待斑馬魚甦醒並確定是否影響魚隻的游泳能力



(圖 3 雌魚上色位置)



(圖 4 雄魚上色位置)

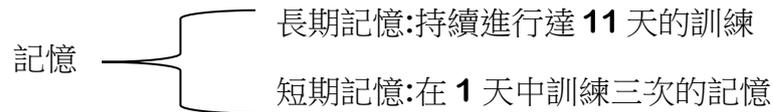
二、實驗方法

- (1) 在T型水缸的左側貼上藍色色卡，右側貼上紅色色卡
- (2) 將訓練記憶藍色的雄性群體和紅 $m$ 一起放置在準備區適應水溫
- (3) 一分鐘過後，拉開閘門

- (4) 在兩分鐘內，記錄並觀察記憶藍色的雄性群體和紅m之間的互動、第一次到藍色和紅色區域所需秒數、在藍色和紅色區域的時間、在藍色區域待的時間、吃飼料的次數
- (5) 記憶藍色的雄性群體配紅 f、記憶藍色的雌性群體配紅m、訓練記憶藍色的雌性群體配紅m也分別進行上述實驗
- (6) 重複進行三次實驗

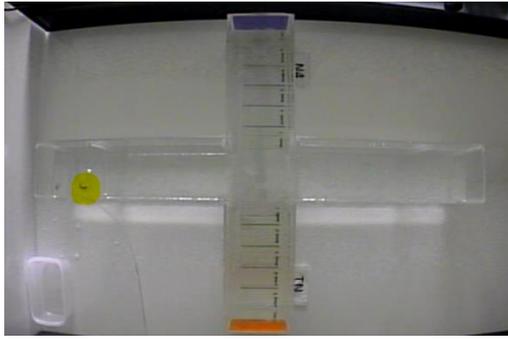
## 六、 實驗二-長期記憶和短期記憶的影響

(一) 目的:探討長期與短期時間內灌輸斑馬魚綠色區塊有飼料的記憶，何者會影響斑馬魚的行為。

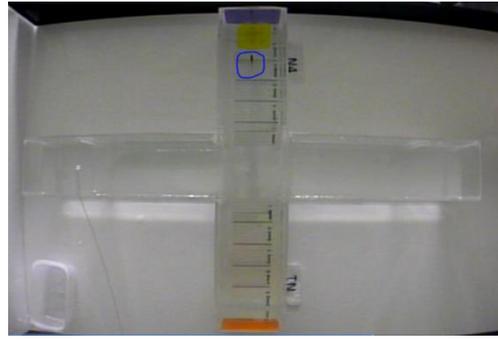


(二) 方法:

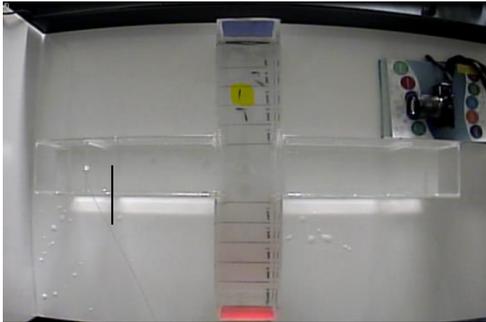
1. 長期記憶的訓練:挑選並訓練 11 天具有較穩定學習能力之公和及母魚各兩隻(母 1、母 2、公 3 和公 4)
2. 短期記憶密集訓練
  - (1) 在 T 型魚缸的右側貼上綠色卡紙，在左側貼上藍色卡紙，並在貼有綠色卡紙處放置裝有飼料的海綿
  - (2) 從訓練記憶藍色的魚隻中挑出具有較穩定學習能力之公和及母魚各兩隻(母 1、母 2、公 3 和公 4)
  - (3) 將母 1 撈入 T 行魚缸中的準備區適應水溫
  - (4) 一分鐘後拉開閘門
  - (5) 在兩分鐘內記錄第一次到藍色區域和綠色區域需要秒數、在藍色區域和綠色區域待的時間、第一次吃到飼料需要幾秒、吃飼料的次數和在藍色區域和綠色區域待的時間
  - (6) 其他(母 2、公 3 和公 4)都進行上述實驗
  - (7) 重複三次訓練
3. 實驗方法
  - (1) 實驗方法同短期記憶訓練步驟 1-4
  - (2) 在兩分鐘內記錄第一次到藍色區域和綠色區域需要幾秒、在藍色區域和綠色區域待的時間(秒)和在藍色區域和綠色區域待的時間
  - (3) 母 2、公 3 和公 4 都進行上述實驗
  - (4) 重複三次實驗



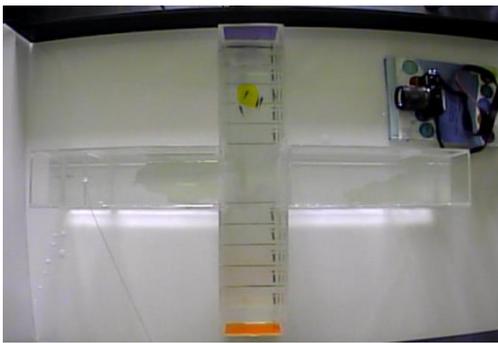
(圖 3 斑馬魚位於準備區適應水溫 1 分鐘)



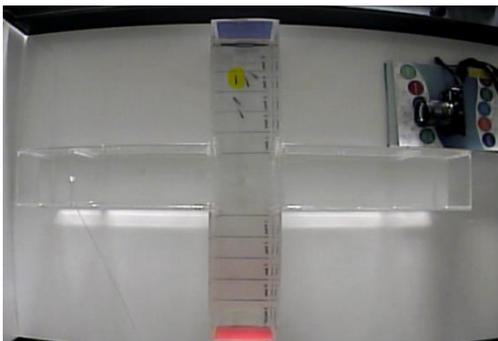
(圖 4 斑馬魚訓練記憶藍色，黃色標示為飼料)



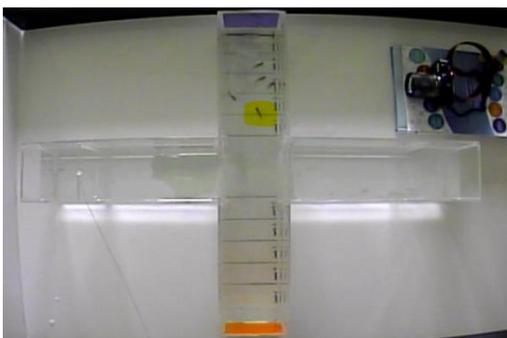
(圖 5 群體效應的實驗中，紅 f 和雄群體互動的狀況)



(圖 6 群體效應的實驗中，紅 f 和雌群體互動的狀況)



(圖 7 群體效應的實驗中，紅 m 和雄群體互動的狀況)



(圖 8 群體效應的實驗中，紅 m 和雌群體互動的狀況)

## 伍、研究結果

### 一、挑選適合實驗的魚

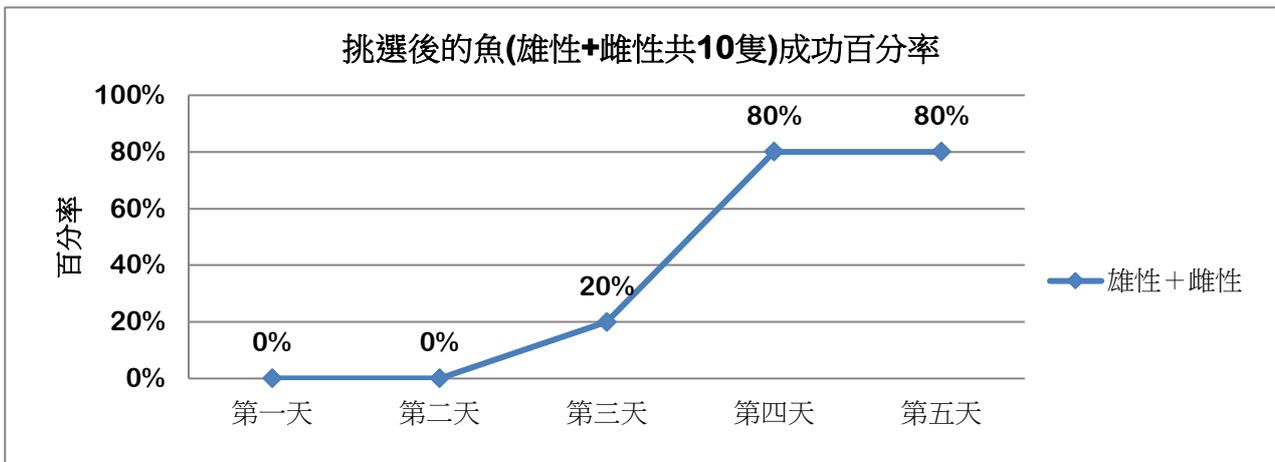
本實驗使用斑馬魚之挑選，主要是根據下列兩點：

1. 斑馬魚第一次到達目標區域的時間是否隨訓練的天數增加而減少？
2. 斑馬魚在目標區域吃到海綿中飼料的次數是否增加？

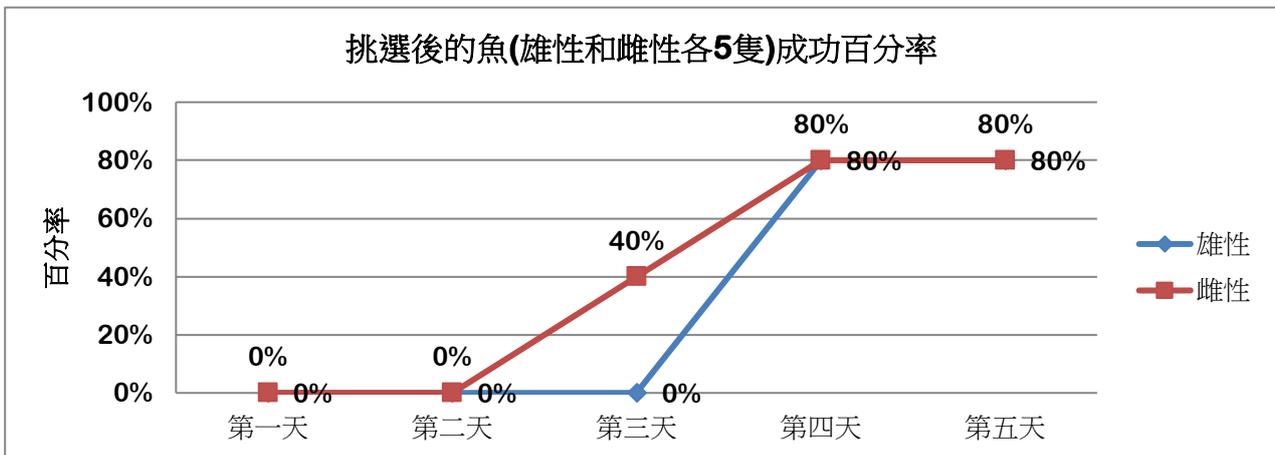
我們依上述兩點來判定斑馬魚是否具有被訓練和學習及記憶的可能。最後從十隻雄性和十隻雌性斑馬魚中，挑出五隻雄魚和五隻雌魚做為實驗的對象。經過 5 天的訓練，二十隻斑馬魚到達目標區域的成功率與日俱增，而找到食物的時間也顯著減少。

(註：以下圖表中的成功率定義為：斑馬魚在該天進行實驗時，能到達目標區域並吃到飼料。)

圖表 1 斑馬魚具有學習的能力，隨天數增加，成功率提升



圖表 2 不同性別的斑馬魚學習速度不相同，但學習效果最後相同

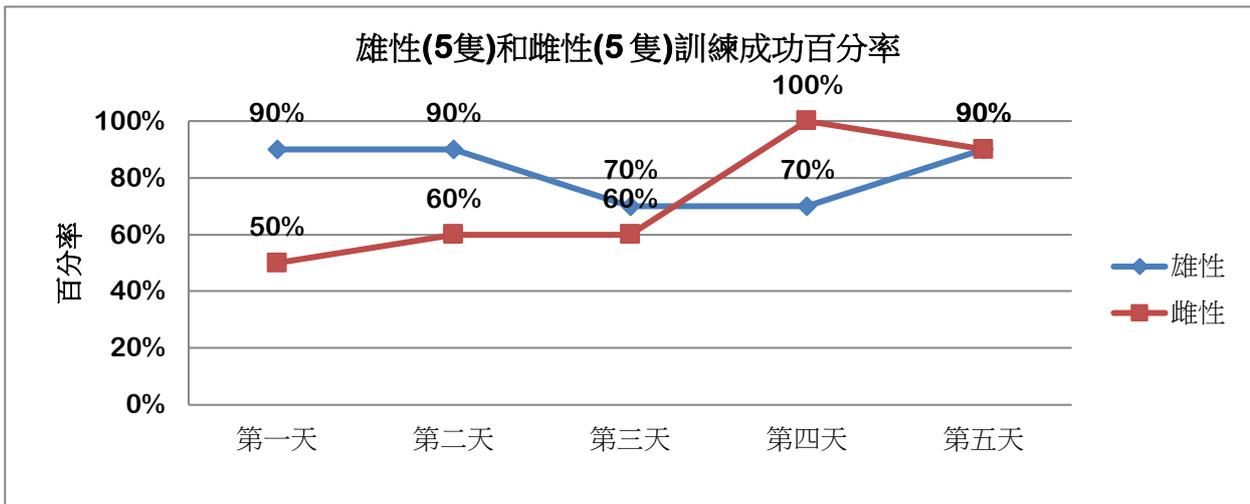


結果一：

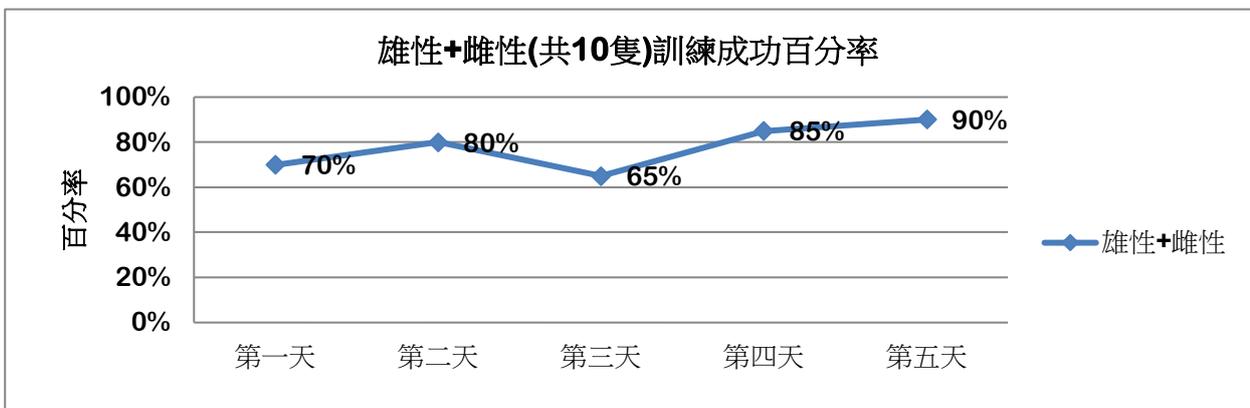
由圖 1~圖 3 我們可以明顯看出，隨著訓練天數增加，不論其性別為何，成功率均上升

## 二、訓練

圖表 3: 雄性學習效果較佳



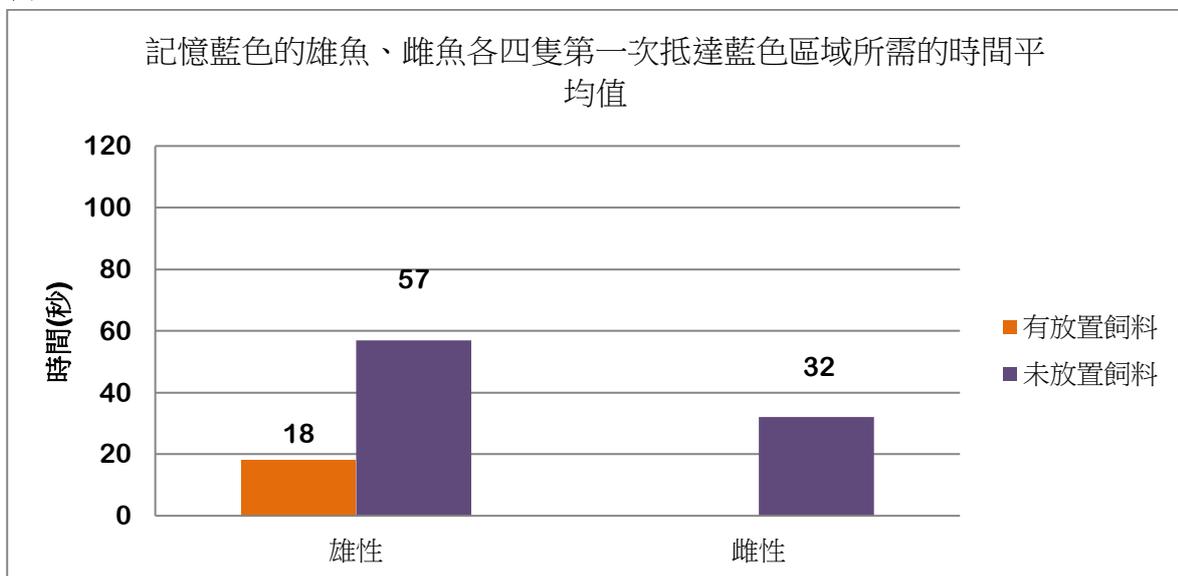
圖表 4



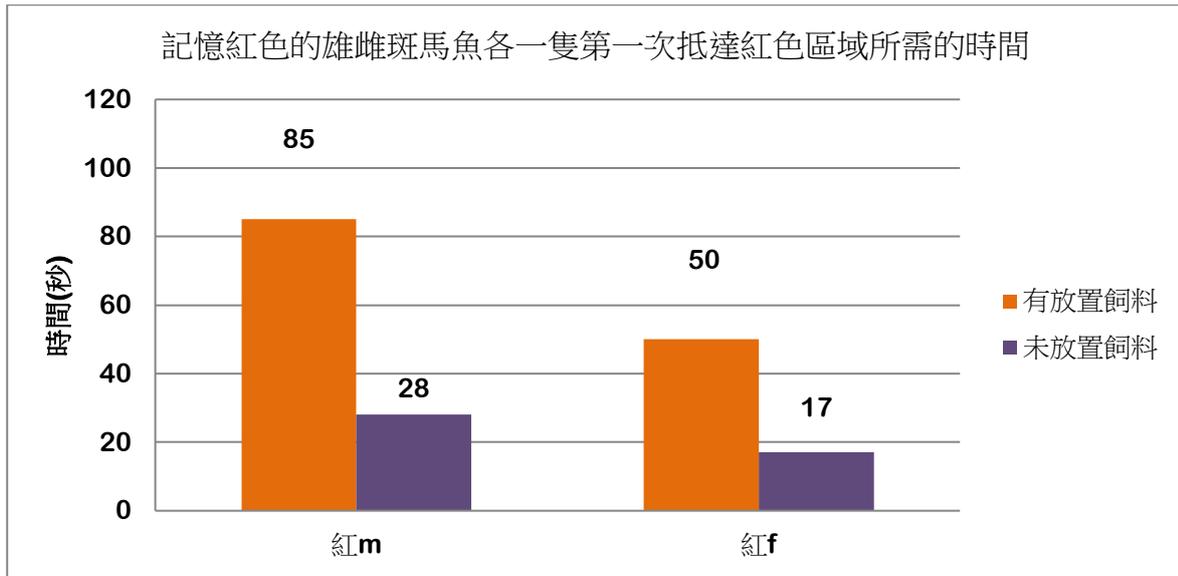
結果二: 挑選出進行實驗各 5 隻的公、母魚成功率較挑選時期提昇，這代表訓練完成，可以進入後續實驗。

## 三、測試斑馬魚記憶和色卡之間的連結

圖表 5



圖表 6



結果三:

斑馬魚在未放置飼料時仍會游至屬於自己顏色的位置，表示魚隻已記憶顏色和食物之間的連結。

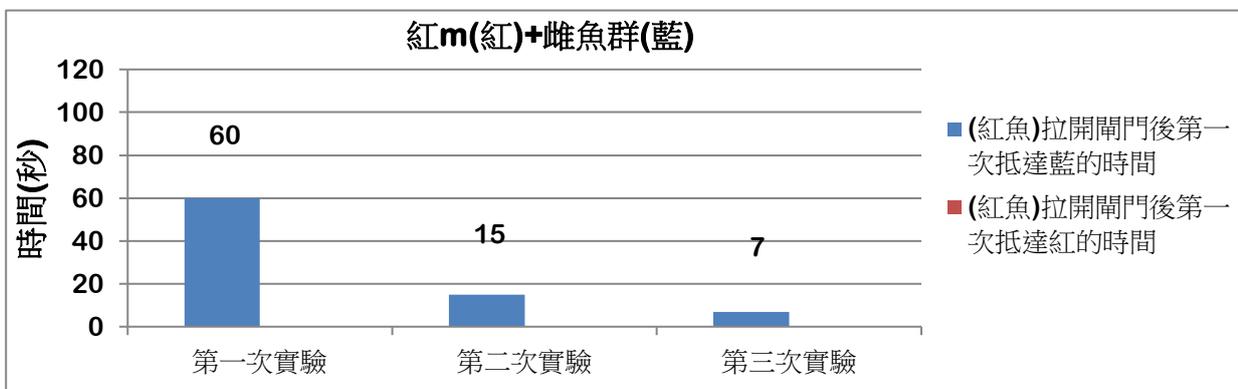
#### 四、實驗一—群體效應對記憶的影響

##### (一)實驗 1-1—紅 m (紅)配雌性群體(藍)

表格 1 紅 m (紅)配雌性群體(藍)行為觀察紀錄

	拉開閘門第一次到達時間(秒)	待的次數	待的時間(秒)	吃飼料次數
第一次實驗	藍:60 紅:x	藍:2 紅:0	藍:50 紅:0	0
第二次實驗	藍:15 紅:x	藍:3 紅:0	藍:7 紅:0	0
第三次實驗	藍:7 紅:x	藍:1 紅:0	藍:27 紅:0	0

圖表 7 紅 m(紅)會受雌性斑馬魚群(藍)影響

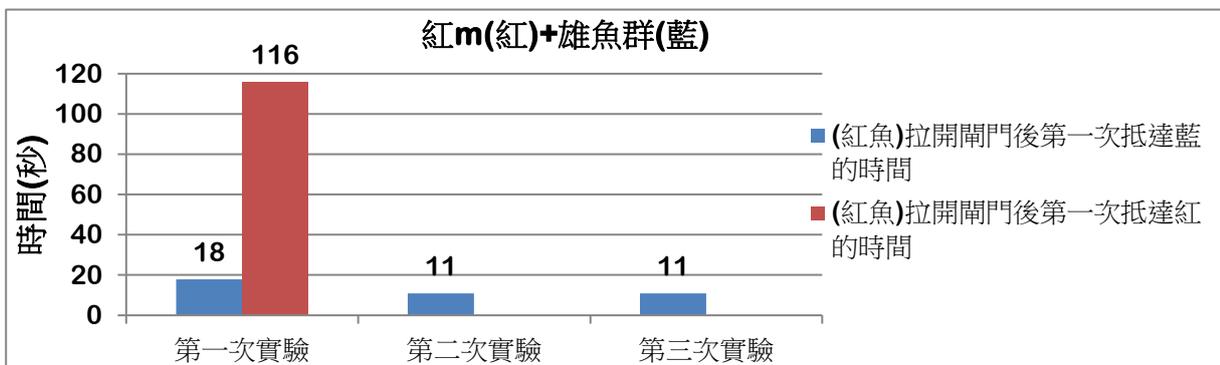


(二)實驗 1-2—紅 m(紅)配雄性群體(藍)

表格 2 紅 m(紅)配雄性群體(藍)行為觀察記錄

	拉開閘門第一次到達時間(秒)	待的次數	待的時間(秒)	吃飼料次數
第一次實驗	藍:18 紅:116	藍:9 紅:1	藍:20      紅:5	0
第二次實驗	藍:11 紅:x	藍:11 紅:0	藍:58      紅:x	5
第三次實驗	藍:11 紅:x	藍:11 紅:0	藍:47      紅:x	1

圖表 8 紅 m(紅)在第一次實驗時仍會游去紅色，但到第二和第三次實驗時，便沒有再遊至紅色區域。

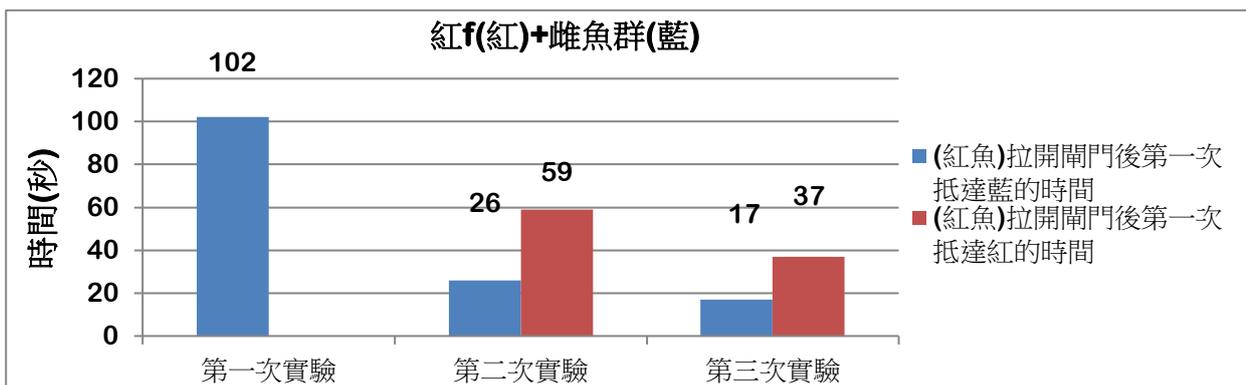


(三)實驗 1-3—紅 f 配藍色雌性群體

表格 3 紅 f(紅)配雌性群體(藍)行為觀察紀錄

	拉開閘門第一次到達時間(秒)	待的次數	待的時間(秒)	吃飼料次數
第一次實驗	藍:102      紅:x	藍:1 紅:0	藍:2      紅:0	0
第二次實驗	藍:26 紅:59	藍:4 紅:1	藍:73      紅:2	0
第三次實驗	藍:17 紅:137	藍:3 紅:1	藍:69      紅:1	0

圖表 9 紅 f(紅)較不易受雌魚群(藍)影響

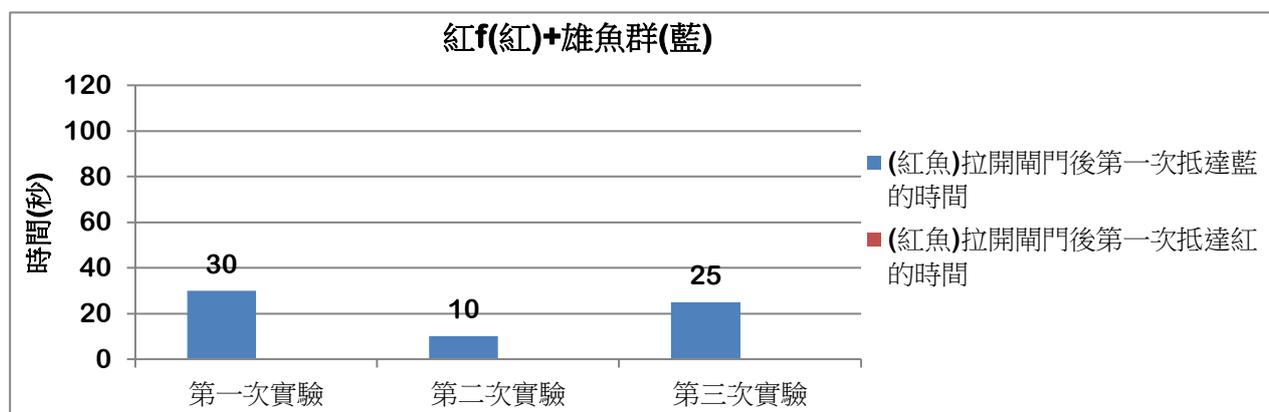


#### (四)實驗 1-4—紅 f(紅)配雄性群體(藍)

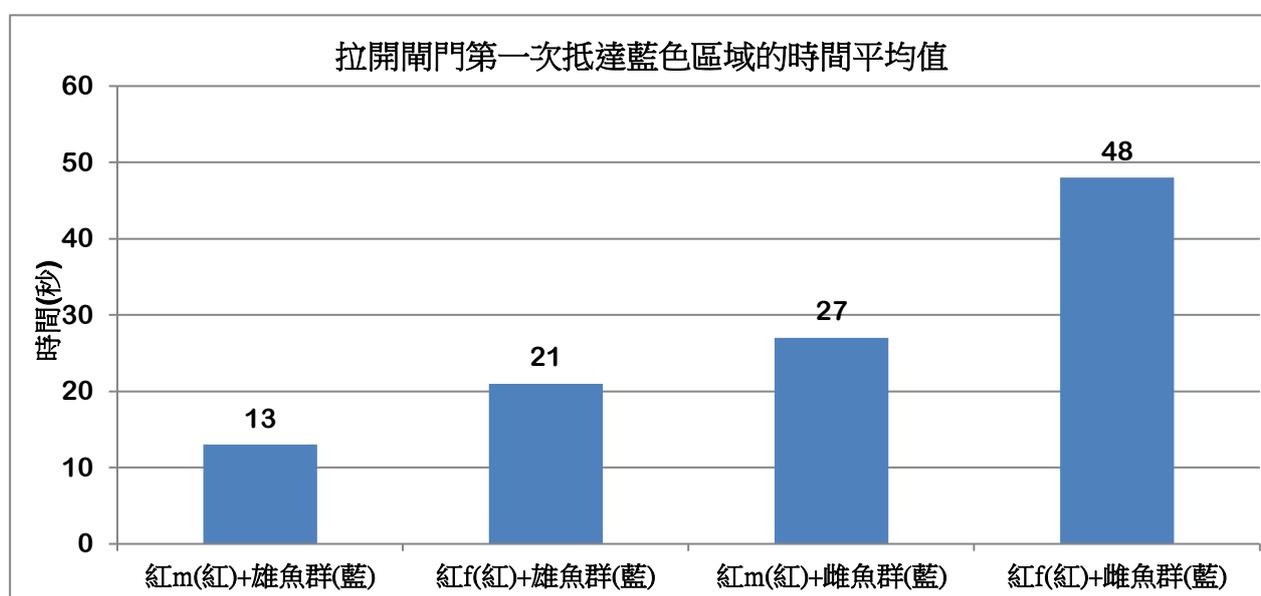
表格 4 紅 f(紅)配雄性群體(藍)行為觀察紀錄

	拉開閘門第一次到達時間(秒)	待的次數	待的時間(秒)	吃飼料次數
第一次實驗	藍:30 紅:x	藍:9 紅:1	藍:47 紅:0	0
第二次實驗	藍:10 紅:x	藍:6 紅:1	藍:52 紅:0	0
第三次實驗	藍:25 紅:x	藍:7 紅:1	藍:41 紅:0	0

圖表 10 紅 f(紅)明顯受到雄魚群的影響



圖表 11 個體和群體之間的互動以雄性個體配上雄性群體互動較明顯



結果四:

經由以上四種不同組合的實驗結果，我們發現斑馬魚個體行為會受群體的影響，而不同性別間的群體效應以雄性和雄性之間的互動較為明顯。由此可證，性別對於斑馬魚之間的行為互動具有相當的影響力。雄性個體在雄性群體中行為受到的影響較雌性在雄魚群中大。且雄性個體在雌行群體亦是如此。所以經由實驗，雄性個體在群體中較易受到影響。

## 五、實驗二—長期記憶和短期記憶對斑馬魚行為的影響

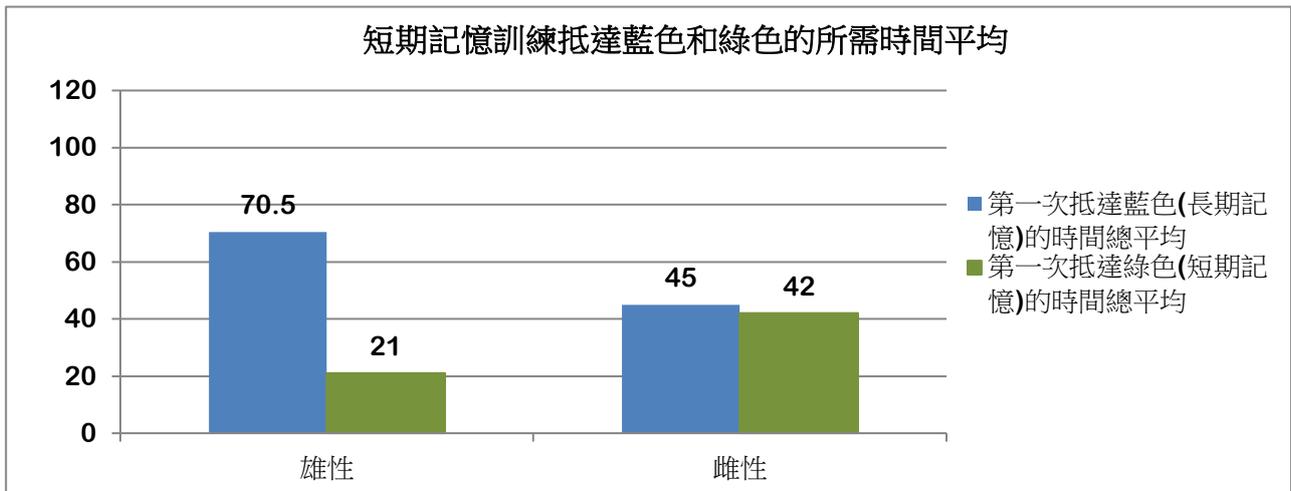
### 1.短期記憶訓練

(1)表六短期記憶訓練紀錄

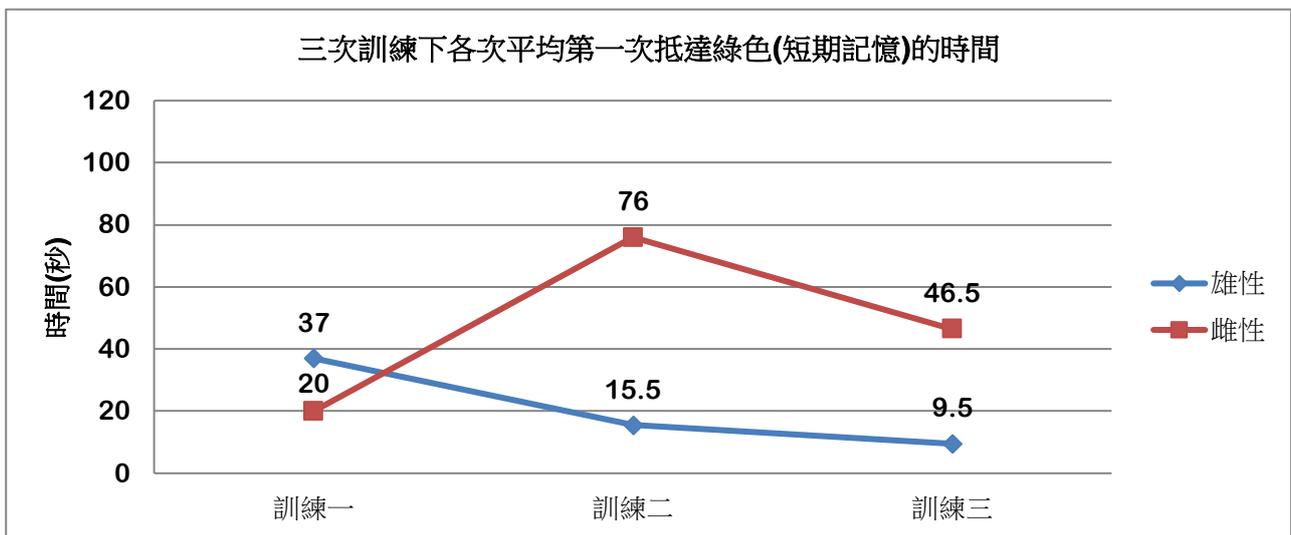
		拉開閘門後第一次到需要秒	(綠)待的時間(秒)	拉開閘門後第一次吃到飼料需要幾秒	吃的次數	待的次數
第一次訓練	母 1	藍:50 綠:未到達	未抵達	未抵達	未到 達	藍: 2 綠:0
	母 2	藍:27 綠:40	20	41	5	藍: 2 綠:3
	公 3	藍:21 綠:40	19	41	8	藍:4 綠:5
	公 4	藍:78 綠:34	13	35	6	藍:1 綠:7
第二次訓練	母 1	藍:104 綠:43	4	40	0	藍:1 綠:2
	母 2	藍:6 綠:48	27	48	5	藍:3 綠:4
	公 3	藍:116 綠:6	29	6	5	藍: 1 綠:8
	公 4	藍:69 綠:25	35	81	8	藍:1 綠:5
第三次訓練	母 1	藍:未到達 綠:13	1	81	15	藍:0 綠:1
	母 2	藍:5 綠:80	38	0	0	藍:2 綠:1
	公 3	藍:73 綠:4	2	5	1	藍: 4 綠:1
	公 4	藍:65 綠:15	44	15	5	藍: 1 綠:6

## 一、短期記憶訓練結果:

圖表 12 雌性較易保有長期記憶

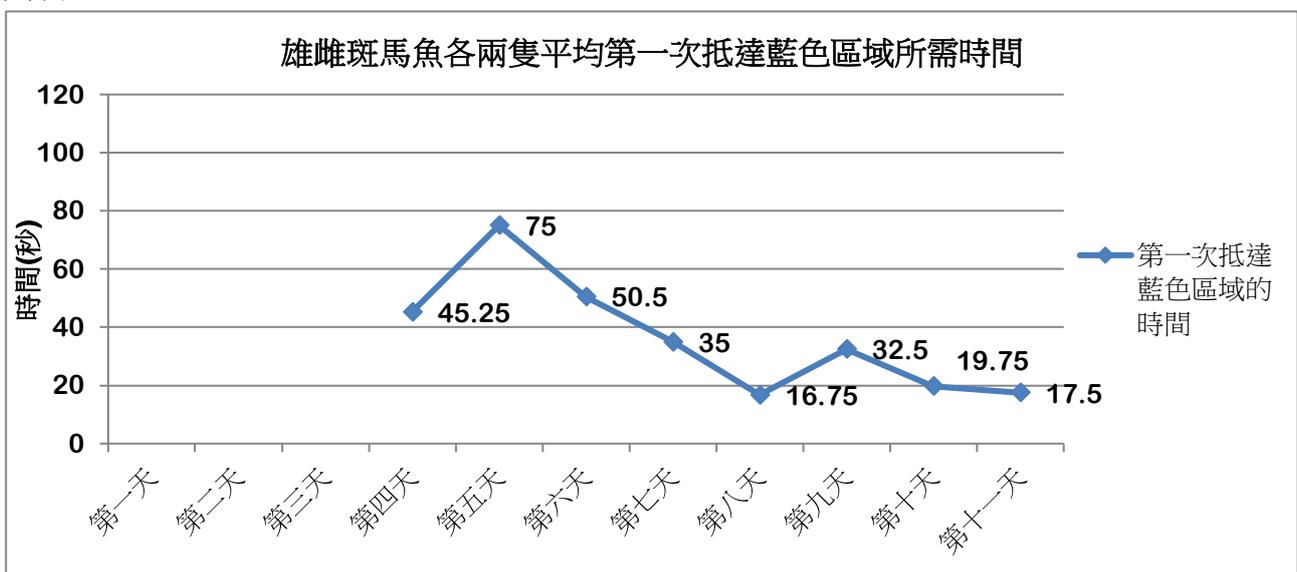


圖表 13 短期記憶的訓練成功，且以雄性斑馬魚較成功



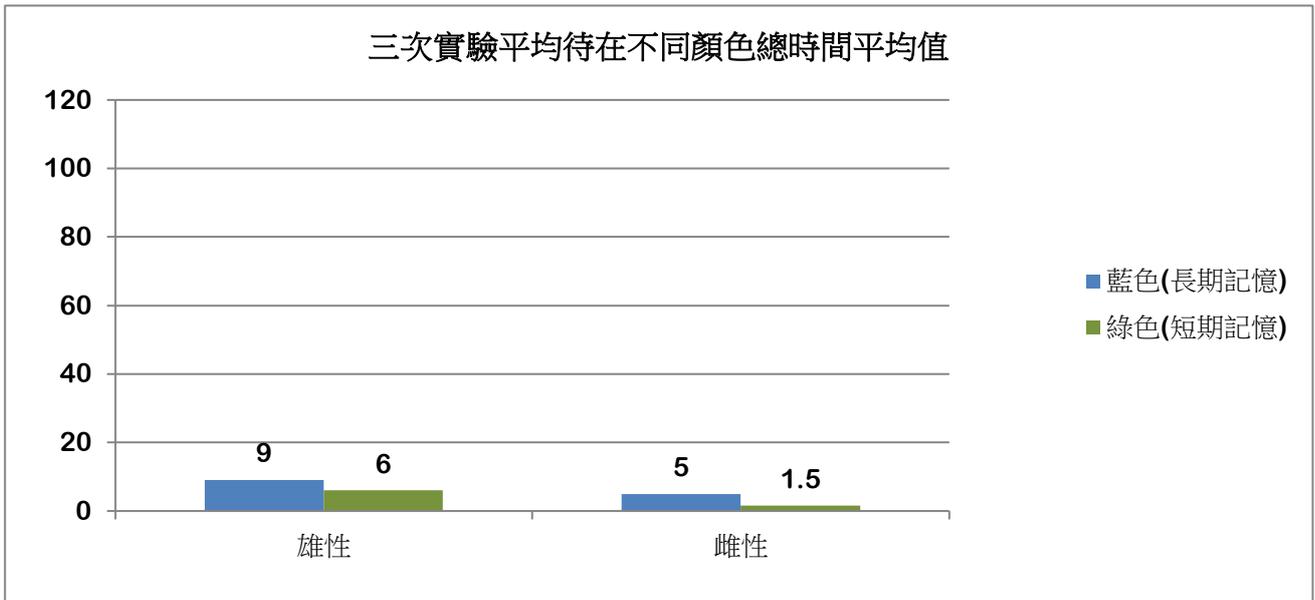
## 二、長期記憶訓練成果

圖表 14

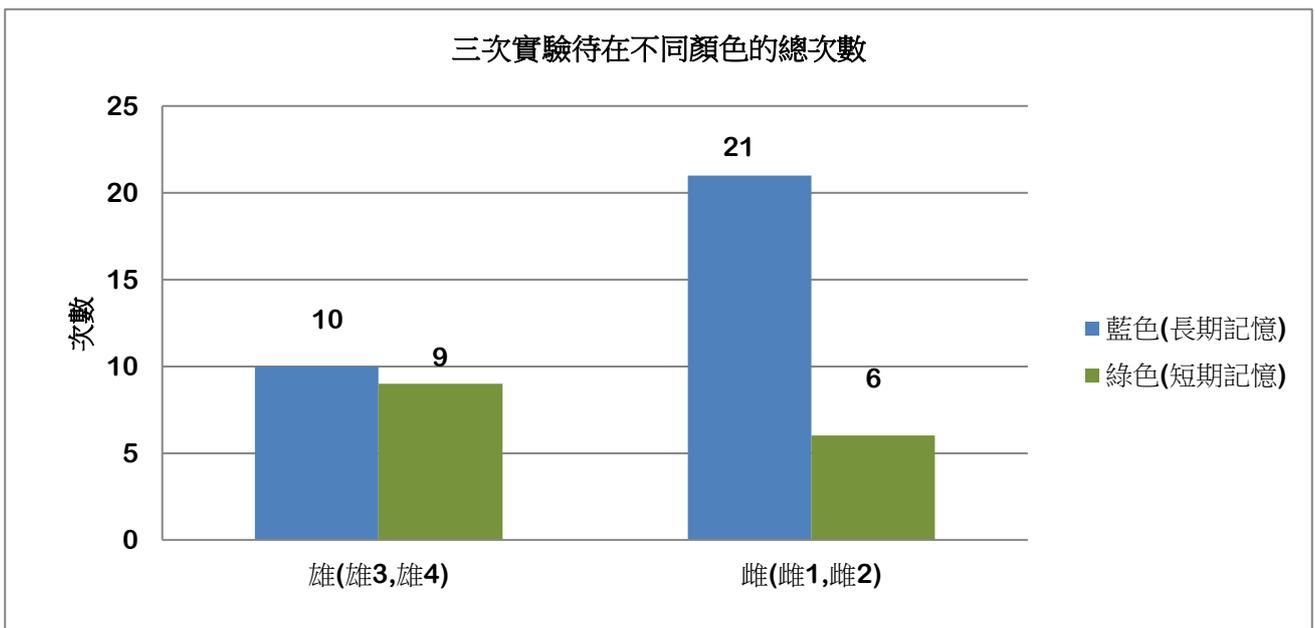


### 三、實驗結果

圖表 15 斑馬魚較易選擇長期記憶



圖表 16 雄性和雌性待在藍色(長期記憶)的總次數較多



結果五:

根據實驗指出，影響斑馬魚較多的是長期記憶。但在實驗時斑馬魚有時產生混沌，以至於待在藍色和綠色的時間都不長。但就性別來說，長期記憶影響雌性斑馬魚較大。

## 陸、討論

### 一、探討斑馬魚是否具有學習及記憶能力

從訓練的折線圖來看，在一開始有些魚隻找不到裝有飼料的海綿，但是經過多天的訓練後即有顯著的進步。從訓練的折線圖來看，在饑餓的環境下，可以訓練斑馬魚記憶食物周圍的環境，並且隨著多次的訓練，可以縮短斑馬魚找到食物的時間。實驗證明，斑馬魚雖屬於較低等的脊椎動物，但仍具有良好的學習與記憶能力。

### 二、探討斑馬魚是否有群體行動的本能

在實驗一中，當斑馬魚將食物及色卡的連結建立後，在個別試驗中均能游向正確色卡的一方。但是當訓練過的個體碰上群體，群體行動會對斑馬魚造成行為上的影響，使其違背原本已經深植大腦的記憶。所以在尋找食物的過程中，斑馬魚會遵從群體行動的方向，這證明斑馬魚的行為會受到群體的影響。

### 三、探討性別吸引力是否影響斑馬魚之記憶行為

相同性別的個體對上群體，其影響力對於不同性別的個體對上群體較大，且以雄性個體對上雌性群體有較明顯互動。因此除了同性別的個體對上群體較易影響斑馬魚的記憶之外，雄性的個體也較容易受到群體效力的影響。

### 四、探討斑馬魚對於長短期記憶的選擇

在實驗二中，斑馬魚對長短期記憶的選擇以長期記憶較多。不過根據我們的實驗，在訓練的時候，斑馬魚可以準確且迅速的抵達，但是到實驗時有部份魚隻因為沒有放置飼料，因此造成了混淆的情形，在長期記憶和短期記憶間不知如何抉擇。

### 五、探討斑馬對顏色的認知和偏好

由於訓練斑馬魚所需要的時間相當長，因此我們並沒有足夠的時間去進一步探討不同顏色的偏好對斑馬魚的影響。從我們的實驗中可以看出斑馬魚具有記憶顏色的能力，我們在實驗中所選擇的顏色—藍色，主要是因為其顏色和斑馬魚的魚缸顏色相近，因此我們推測斑馬魚應該會較熟悉這個顏色，可以增進訓練的效率。

### 六、為何雌性斑馬魚較不容易受到群體的影響

推測是因為雄性斑馬魚在野生環境中(文獻 6)較需要改變自己以適應生存的環境，他們需要快速準確的記憶食物的位置，而雌性斑馬魚為了繁殖後代，一旦記憶了繁殖地點便不容易改變，換句話說，雌性斑馬魚的地域性較強，一旦確立了記憶便不容易改變，所以在訓練短期記憶時，要達到完全記憶的所需要的訓練次數多於雄性斑馬魚，但卻深刻而不容易忘記。已經有文獻指出雌性斑馬魚較強勢，而經由群體效應及長短期記憶的實驗結果，我們進一步推測雌性斑馬魚因為需要記憶安全的水域作為繁殖的地點，所以較具有地域性。基於這個假設，我們又進一步推論斑馬魚會在「群體效應」的影響與「地域性」之間尋找平衡點，而雌性與雄性的平衡點又有所不同，雄性較偏向於跟隨群體移動，雌性則偏向於地域性，兩者之間達成平衡，恰好形成了斑馬魚的生活型態。

## 柒、結論

### 一、實驗前對於實驗結果的推測

#### (一)實驗一: 群體效應對記憶及行為的影響

生活中有許多事情及決定是會因你的朋友或同學的意見和你不同，造成同儕壓力而有所改變。我們在做實驗之前對於實驗一的推測是群體效應的確可以影響對事物的記憶與行為(文獻 5 為根據)，而我們的結果驗證了這個觀點。

#### (二)實驗二: 長期記憶和短期記憶的影響

當寫一張測驗卷時，在沒有任何參考書可以參考的狀態下，人們會以熟悉的直覺記憶來應答。因以推測，長期記憶應該會對斑馬魚產生較大的影響。而我們的實驗結果顯示長期記憶確實會勝過短期記憶。

### 二、實驗結果與推測的落差

#### (一)實驗一: 群體效應對記憶的影響

1. {一隻雄魚配雌性群體}:個體的確會受魚群影響，動搖了對熟悉顏色的認同。在進行四次實驗中，明顯的看出魚群對單隻魚的影響。
2. {一隻雄魚配雄性群體}:當魚隻皆是雄性的狀態下，彼此的互動更為快速、明確。
3. {一隻雌魚配雌性群體}:此組魚的實驗結果雖符合實驗前的預測。但群體效應不如 1-1 與 1-2 實驗的明顯。
4. {一隻雌魚配雄性群體}:個體的確會跟著魚群游走，群體效應的影響顯著，但所費時間亦較 1-1 及 1-2 實驗為長。

我們從實驗一結果間的落差推測，當單隻魚為雄性時，群體效應的影響是較佳的。當單隻魚為雌性時，群體效應雖會對行為及記憶產生影響，但速度較慢，效率較差。

#### (二)實驗二: 長期記憶和短期記憶的影響

實驗結果顯示，以長期記憶對行為的影響而言，雄魚較雌魚大。雖然短期記憶訓練在斑馬魚的記憶中是最新的，但是長期記憶較短期記憶影響行為效應較大。

## 捌、未來展望

經由這次的動物觀察實驗，我們學到許多平常未曾深入了解有趣的現象。動物的學習是需要較多時間的投入和多方面因素的綜合考量，不管是魚的身體狀況或是資質都有極大影響，因此在進行訓練的時候，需要的時間較多。未來希望可以再投入較多的觀察，動物的行為並沒有一定的標準，也因此格外精彩。本實驗證明雄性斑馬魚間群體效應較明顯，但是本次實驗只止於群體對個體的影響力，未來希望可以再多做有關於群體對上群體之間的實驗，因為群體和群體之間的互動可能會有許多更多的證據證明魚群間的群體效應。在長、短期記憶對斑馬魚的影響中，我們發現長期記憶對雌性斑馬魚影響校對雄性斑馬魚影響來的大，若是有機會再延伸實驗，希望可以探討長期記憶對斑馬魚的生活環境的影響，甚至和群體間的關聯性，尋找更多直接證據證明群體效應和長短期記憶之間的關聯性。

## 玖、參考資料

- 一、Williams FE, White D, Messer WS. (2002) *A simple spatial alternation task for assessing memory function in zebrafish. Behavioural Processes. 58: 125-132.*
- 二、Roy T, Bhat A. (2016) *Learning and Memory in Juvenile Zebrafish: What makes the Difference - Population or Rearing Environment? Ethology. 122(4): 308-318.*
- 三、Guo S.(2004) *Linking genes to brain, behavior and neurological diseases: what can we learn from zebrafish? Genes Brain Behav. 3: 63-74*
- 四、Delaney M, Follet C, Ryan N, Hanney N, Lusk-Yablickand J, Gerlach G. (2002) *Social Interaction and Distribution of Female Zebrafish (Danio rerio) in a Large Aquarium. The Biological Bulletin. 203(2): 240-241.*
- 五、Kalueff AV, Gebhardt M, Stewart AM, Cachat JM, Brimmer M, Chawla JS, Craddock C, Kyzar EJ, Roth A, Landsman S et al. (2013) *Towards a Comprehensive Catalog of Zebrafish Behavior 1.0 and Beyond. Zebrafish. 10(1): 70 - 86.*
- 六、Engeszer RE, Patterson LB, Rao AA, Parichy DM. *Zebrafish in the wild: a review of natural history and new notes from the field. Zebrafish.2007, 4(1):21-40.*

## 【評語】 030321

1. 此作品主要欲探斑馬魚是否具有學習與記憶能力，並研究該能力是否會受群體效應所影響。
2. 先前已有類似的觀點，如其所引用的文獻，故新穎性較為不足。  
建議實驗要有獨立三重複以上，樣品之間的差異宜有統計測試的支持。
3. 建議要增加樣品數，公母各五隻略嫌不足。