

生物科

科別：生物科

組別：高中組

作品名稱：魚 V.S 色

關鍵詞：魚、顏色

編號：040701

學校名稱：

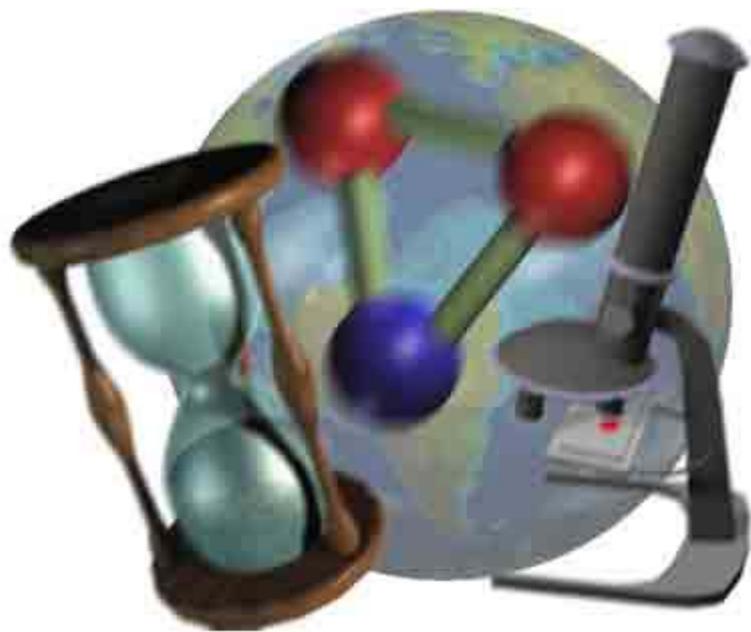
台北縣立永平高級中學

作者姓名：

鄭以勤、岳宗漢、許穎華

指導老師：

楊惠芬



## 摘要

透過以下的實驗，我們可以由數據以及曲線圖的結果清楚地知道——**魚真的可以確切分辨顏色，並清楚分辨任何一種顏色**。實驗一中，我們所準備的事前工作，是為了讓魚快點適應新環境。在實驗二中，根據觀察魚進入正確顏色管子的過程，魚的眼睛雖無法像人一樣分辨多種顏色，卻是可以分辨顏色。而在實驗三中，利用大小不同的五隻魚證明前面實驗三的成功。經過實驗一實驗二和實驗三共一百六十八天，在我們焚膏繼晷、不眠不休、夙夜匪懈的努力下，我們證實了魚在訓練後，可以分辨紅、黃、綠、藍、紫五色。

## 壹、研究動機

當我看見世界的美，我不禁慶幸自己當了人類，可是其他動物呢？其他動物也有辨色能力嗎？我挑選的研究對象是魚，因為我想知道，魚兒眼中的水底世界，是否也一樣五彩繽紛？〈附圖一〉



附圖一

## 貳、研究目的

1. 設計一套方法，檢驗魚的**辨色能力**。
2. 透過**活體實驗過程**，觀測魚的攝食行為。

### 參、研究設備及器材

1. 養魚裝備：大魚缸（45cm×45cm） 五個小魚缸（15cm×10cm） 珊瑚砂、飼料、撈網、通緝唧筒、保溫器、溫度計、養魚日誌（如附件一、附件二） 過濾器、照明燈。
2. 研究對象：六隻非洲王子【學名：*Labidochromis caeruleus* 英名：Blue-white Labido】（實驗一、二名為大非，實驗三名為小綠、小紫、小黃、小紅、小藍） 阿里【學名：*Haplochromis ahli*】。
3. 實驗工具：五色餵食管（三組）<附圖二、附圖三>、辨色展示卡（色度、彩度相同） 五個與辨色展示卡顏色相同的魚缸（15cm×10cm）<附圖四>。



附圖二



附圖三



附圖四

## 肆、文獻探討

半個多世紀以來，許多魚類學家曾經對魚的色覺以及魚網膜內的視細胞進行過各種不同的實驗，也獲得了可觀的進展。普肯野效應、海登爾效應的證明，都是靠著精巧的試驗設計，再加上精密的儀器、設備才能証實。可惜自己的能力有限，不能完成「色度學」、「視覺運動反應」或「神經電生理學」的實驗。只好採用投餵餌食的「條件反射」方法，踏出「魚目」研究的第一步。

## 伍、研究過程或方法

### (一)研究方法：

1. 利用魚兒覓食的天性，以飼餌做為誘因，引導魚兒以行動來展現牠的辨色能力。當魚兒通過檢測時，便**以餵食做為獎賞**，來增加牠的學習動機。
2. 這次實驗的過關標準相當嚴格，魚兒必須在**一分鐘之內**迴游相當距、垂直浮升到水面，並且吃掉餌粒才算成功。對魚兒來講，這算得上是高難度的動作。 < 附圖五、附圖六 >



附圖五



附圖六

3. 為了避免魚兒僥倖過關，我們做了三組五色管，輪替使用，並在實驗後，將五色管徹底洗淨，以避免魚在管內留下氣味（體味）。而管內各顏色（紅、黃、綠、藍、紫五色）管子在魚缸裡所指的方向，每天都要做無規律性的變換。為了降低各種潛在因素可能造成的干擾，每天餵食的時候，我們都為魚兒提供盡可能相同的測試情境。〈附圖七〉
4. 在實驗之前，為了實驗的需要，我們給魚做進管練習。將魚放入含有未貼顏色管子的大魚缸中，使牠們接觸並適應該實驗器材。



附圖七

## (二)研究過程：

### 實驗一、實驗二

1. 九月十三日開始收集資料，了解魚的習性以及養魚常識。
2. 十月十二日買好魚缸，同時把五色餵食管製妥。
3. 十月十四日把魚買回家，從這一天起在每日傍晚餵食一次。並在這一天將魚放入魚缸中與未貼顏色的五色管接觸。

### 實驗三

1. 製作五個分別為紅、黃、綠、藍、紫五色的小魚缸。
2. 在五月十九日買五隻非洲王子回家，先放入大魚缸中，讓牠們適應其環境，並接觸未貼顏色的五色管，及餵食。後放入紅、黃、綠、藍、紫五色的小魚缸，並取名為小綠、小紫、小黃、小紅、小藍。

#### **實驗一：單一顏色的辨認——紅色對魚眼睛的試探**

實驗日期：91.10.15 91.12.31

1. 餵食時先將五色管沉入魚缸水中水面之上，並且開始計時。如果魚兒立即進入紅管，我們也緊跟著馬上把魚餌投入紅管供其吞食；假如在一分鐘之後魚兒仍未進入紅管，我們就自行丟餌入紅管，靜候魚兒前來取食。 < 附圖八 >



附圖八

2. 餵食完畢後，立刻把五色管搬離魚缸；如果在十分鐘後魚兒仍未進入紅管取食，我們還是要把五色管撤走，並且對空腹的魚，進行補餵。
3. 每次餵食時一律開燈，在靜默中緩慢把五色管放入魚缸中的同一個地點。至於要把什麼口朝向東方(註一)，顏色則由逢機式的抽籤來決定。

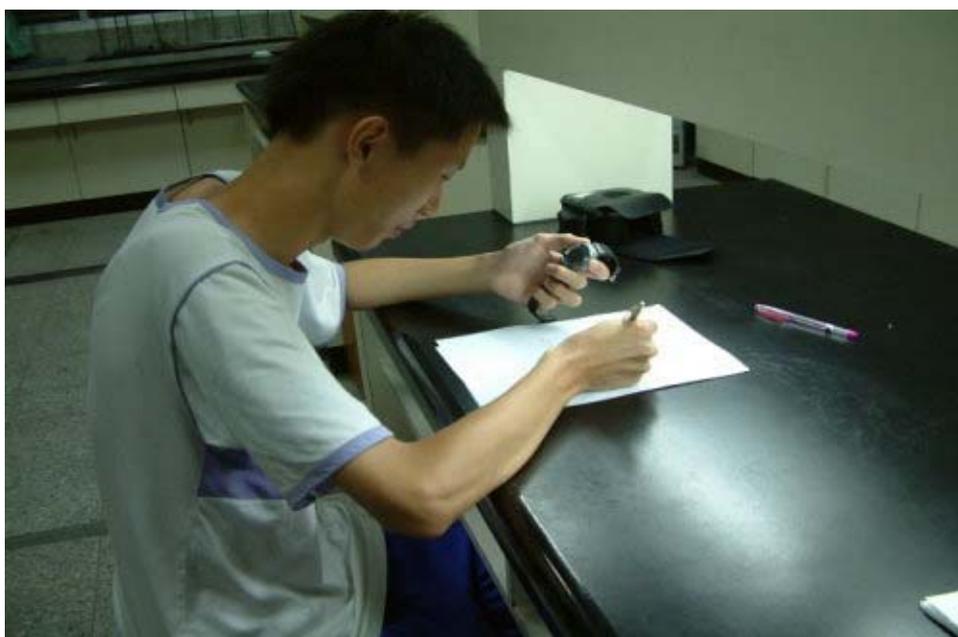
< 附圖九 >

註一：向東管色是我們定出來的方位，乃指每一次實驗時什麼口朝向東方。



附圖九

4. 從十一月十五日起開始對「阿里」進行隔離實驗，也就是在餵飽「非洲王子」後，就把牠撈入隔離籃內。此時，阿里成為唯一可以進出餵食管的實驗對象，我們再按照以上所述 1.2.3. 的步驟來測試阿里的辨色能力。
5. 每天餵食完畢後，立即在「養魚日誌」上留下書面紀錄。另外，也用拍照和攝影的方式留下養魚記錄，一併隨件送展。〈附圖十〉



附圖十

### 實驗二：多色的辨認——紅、黃、藍、紫、綠對魚眼睛的試探

實驗日期：92.01.01 92.03.05

第一階段：

1. 每天早上七點，將辨色展示卡放入水中插入砂石內，使魚在十小時間都能接觸到該色。〈附圖十一〉



附圖十一

2. 至於今天的顏色為什麼色，則由**逢機式**的抽籤來決定。
3. 其實驗過程、實驗步驟與實驗一的 1.2.3.5.同，唯紅色改為今天顏色。

### **實驗三：用多隻魚對單一顏色的辨認**

實驗日期：92.05.19 92.06.13

第一階段：92.05.20 92.06.03

將魚置於各顏色的魚缸內，每天傍晚餵食時開燈，用條件反射使牠們辨認顏色。 < 附圖十二 >



附圖十二

第二階段：92.06.04 92.06.13

將小魚放入大魚缸中，開燈放入五色管，其實驗步驟與實驗一的 1.2.3.5.同，將紅色改為那隻小魚所住魚缸的顏色。（例：小紅必進紅管。） < 附圖十三 >



附圖十三

## 陸、研究結果

### 實驗一：單一顏色的辨認——紅色對魚眼睛的試探

說明：

1. 實驗日期：91.10.15 91.12.31
2. 觀察非洲王子（大非）與阿里是否能辨認出紅色。
3. 計算成功與失敗的成果。

結果：我們把養魚日誌重新列表整理，得到下列結果：

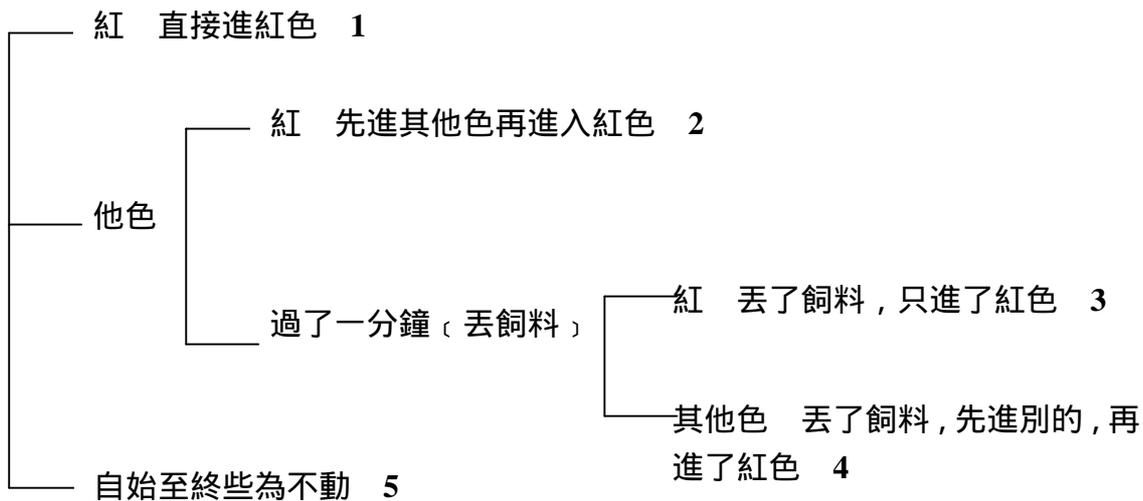
表中所列的 1 是指「直接進紅色」

2 是指「先進入其他色再進入紅色」

3 是指「丟了飼料，只進紅色」

4 是指「丟了飼料，先進別的顏色，後進紅色」

5 是指「什麼洞都沒有進去」



1 這種情況可以算過關，反之第 3 種情況的發生可能是因為魚兒憑著嗅覺找到餌食，所以不能算是過關。當然 2.4.5. 種情況都不能算是過關。

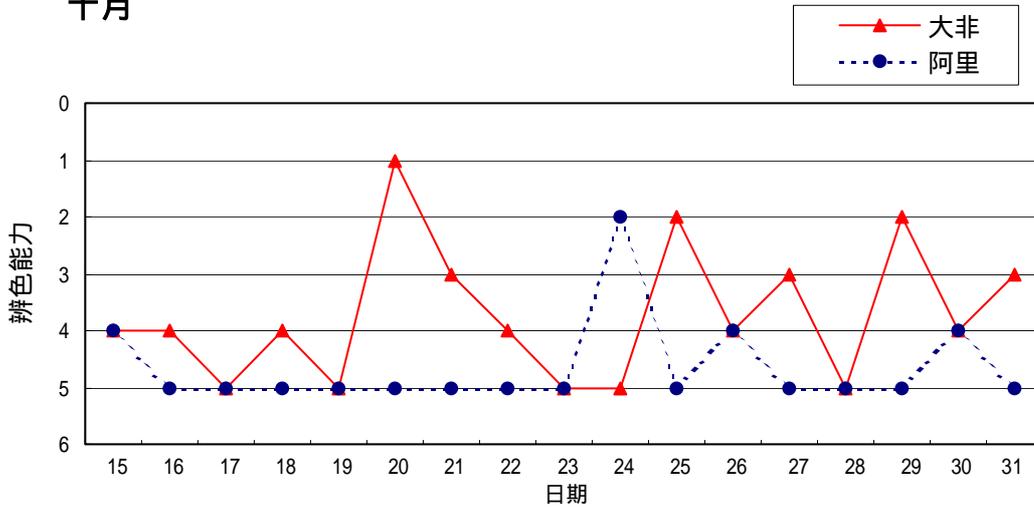
月份	1 0
日期	1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3
大非	4 4 5 4 5 1 3 4 5 5 2 4 3 5 2 4 3
阿里	4 5 5 5 5 5 5 5 5 2 5 4 5 5 5 4 5
向東管色	R B P G P B B G Y G Y B P R R G Y

月份	1 1
日期	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3
大非	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
阿里	5 5 4 3 1 1 2 1 2 1 1 2 3 2 3 5 5 4 5 4 3 2 1 3 3 2 1 3 4 3
向東管色	R P B G G Y R B B P G R P G Y Y R B R R R G G R P R G Y R G

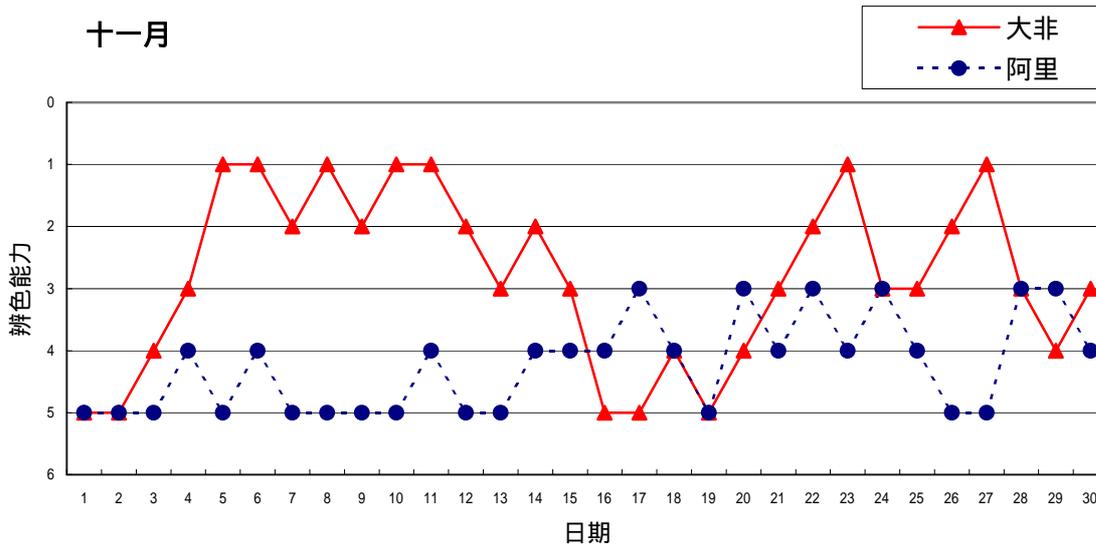
月份	1 2
日期	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3
大非	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
阿里	2 1 1 1 2 1 1 2 2 2 1 2 1 2 2 1 2 1 2 1 1 1 2 1 1 1 1 2 1 2 1
向東管色	3 3 4 3 4 3 2 4 4 5 5 4 3 4 4 3 3 3 2 4 3 2 3 2 1 1 2 2 1 2 2
向東管色	B B P G R Y G Y Y B R G R P P Y G R G R P R B B Y G R P G R G

Y : 黃 R : 紅 B : 藍 P : 紫 G : 綠

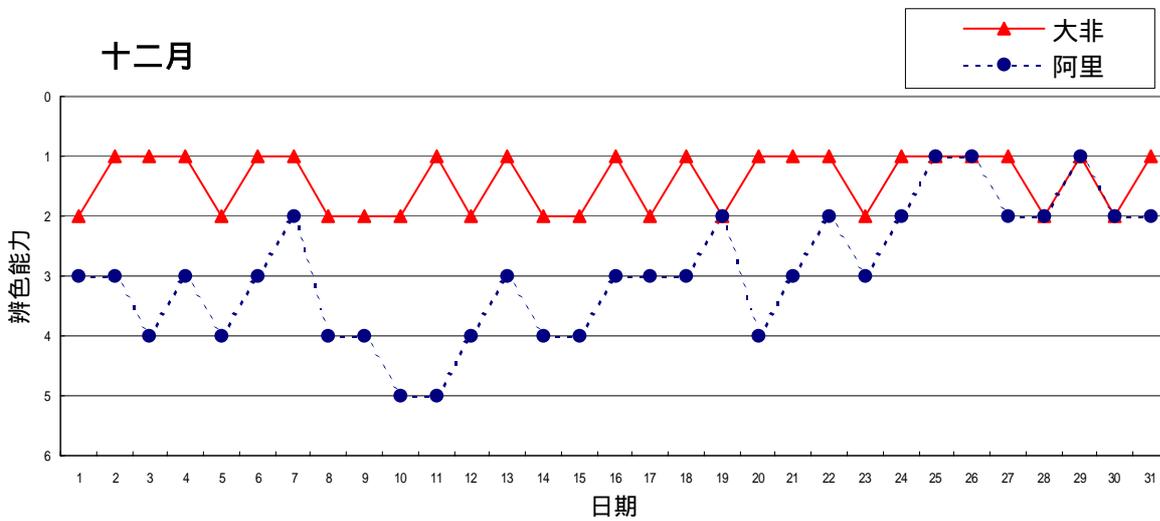
### 十月



### 十一月



### 十二月



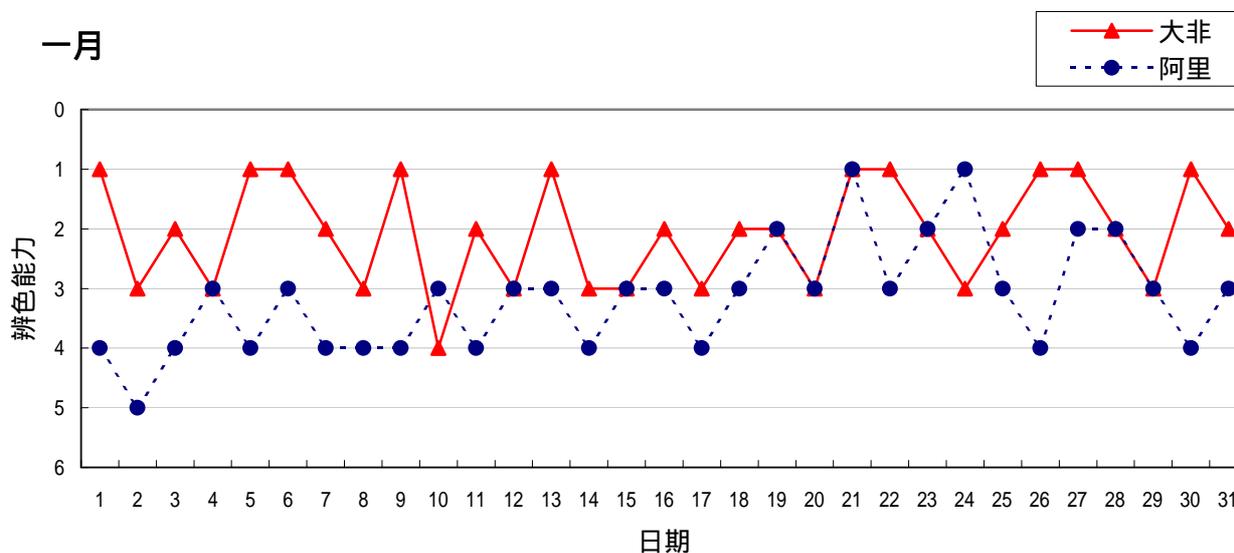
## 實驗二：多方面顏色的辨認——紅、黃、藍、紫、綠對魚眼睛的試探

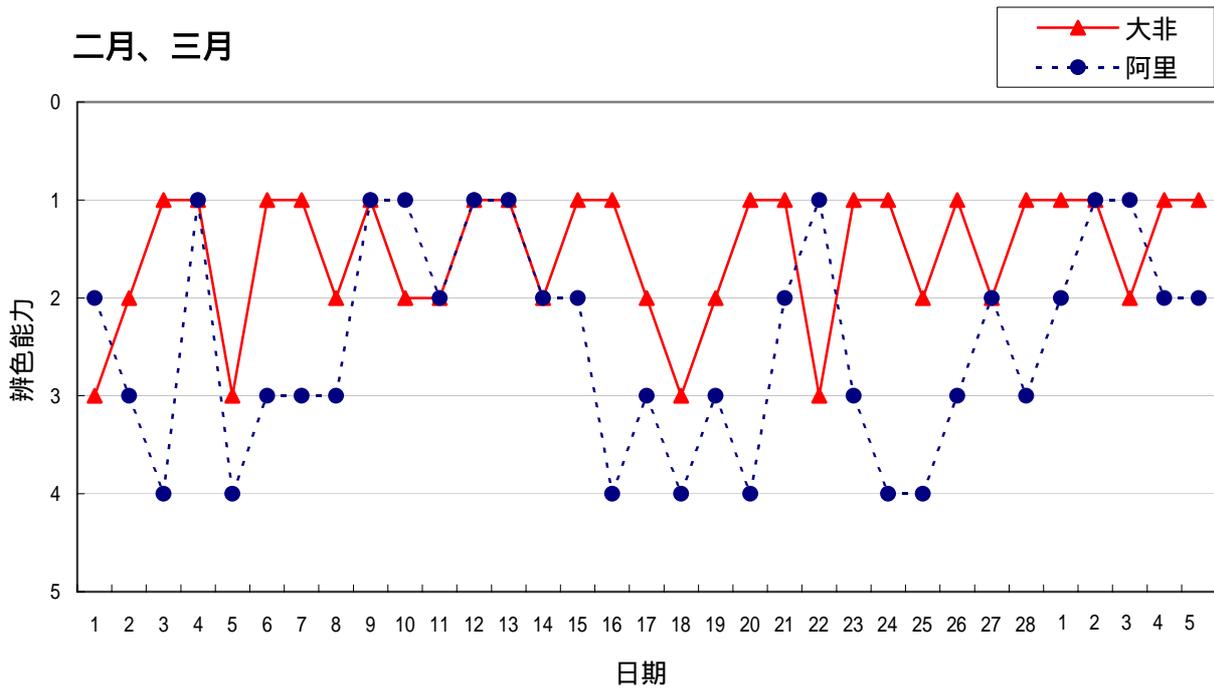
說明：

1. 實驗日期：92.01.01 92.03.05
2. 觀察非洲王子（大非）與阿里是否能辨認出紅、黃、藍、紫、綠這五種顏色。
3. 計算成功與失敗的成果。

月份	1
日期	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3
大非	1 3 2 3 1 1 2 3 1 4 2 3 1 3 3 2 3 2 2 3 1 1 2 3 2 1 1 2 3 1 2
阿里	4 5 4 3 4 3 4 4 4 3 4 3 3 4 3 3 4 3 2 3 1 3 2 1 3 4 2 2 3 4 3
向東管色	G R P Y P Y Y B G B R B G R Y B P R Y G B B B R B G R Y P G R
辨認顏色	R G Y Y R P B B P R G B P R Y G R P P Y R Y Y G R G G B P R B

月份	2	3
日期	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	1 2 3 4 5
大非	3 2 1 1 3 1 1 2 1 2 2 1 1 2 1 1 2 3 2 1 1 3 1 1 2 1 2 1	1 1 2 1 1
阿里	2 3 4 1 4 3 3 3 1 1 2 1 1 2 2 4 3 4 3 4 2 1 3 4 4 3 2 3	2 1 1 2 2
向東管色	R P G R Y Y G B B G R B G Y R P G B R B R G R B B R G R	Y G B B Y
辨認顏色	P Y G R Y Y G B P R B P B Y G B Y R R G B P P R Y R G B	R P P R G





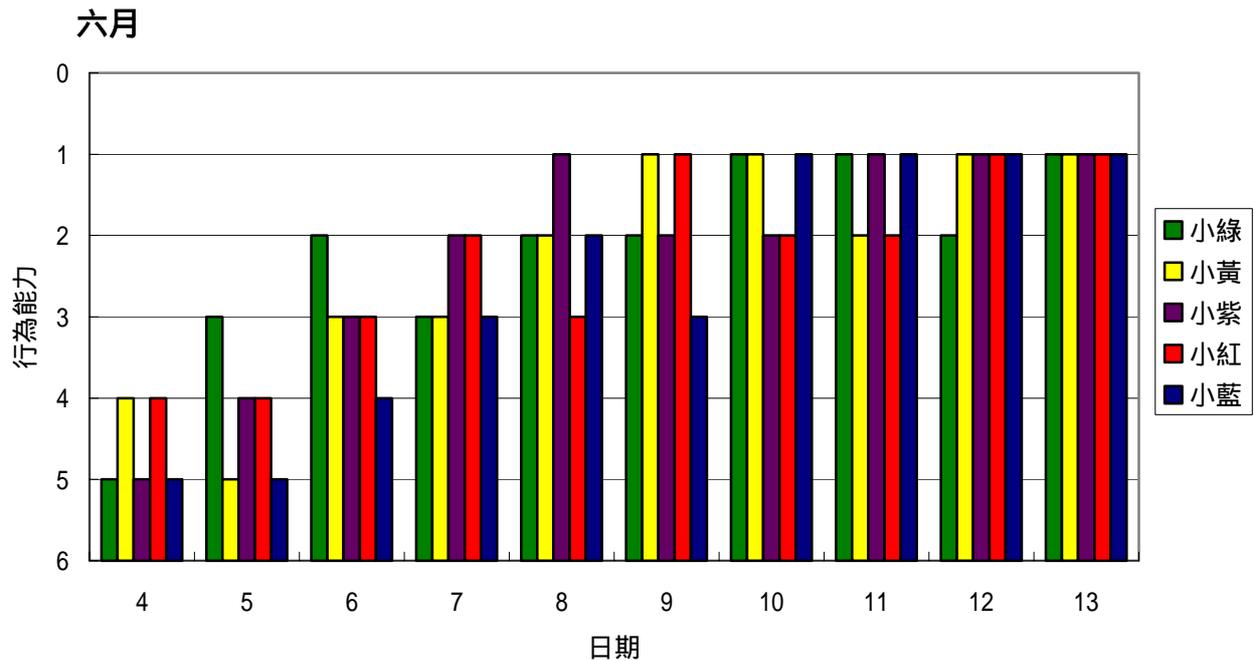
### 實驗三：用多隻魚對單一顏色的辨認

說明：

第二階段

1. 實驗日期：92.06.04 92.06.13
2. 利用五隻大小不同的非洲王子去辨認出紅、黃、綠、藍、紫五種顏色。
3. 計算成功與失敗。

月份	6
日期	1 1 1 1
小綠	4 5 6 7 8 9 0 1 2 3
小黃	5 3 2 3 2 2 1 1 2 1
小紫	4 5 3 3 2 1 1 2 1 1
小紅	5 4 3 2 1 2 2 1 1 1
小藍	4 4 3 2 3 1 2 2 1 1
小藍	5 5 4 3 2 3 1 1 1 1
向東管色	P P Y G R G R Y B P



## 柒、討論

1. 非洲王子與阿里都會有他們自己的佔據地，會在五色管正下方把石子搬開，造一個屬於牠們自己的地盤。
2. 對於大非來講，十月十四到十一月四日之間，可以說是牠的「**觀望期**」。在這段時期，經常看到牠在五色管入池後，迅速奔遊，胡亂闖入各種顏色的管子。可是，當牠在十一月四日停留在紅色管口久久不動時，似乎經過了一番考慮才決定進入紅管。這種不尋常的表現，好像是在向我們預告，「觀望期」已經快要結束了。
3. 十一月五日令人興奮的一天，大非終於過了一次關！從這一天到十一月十四日為止，這個階段可以叫做牠的「**尋覓期**」。當餵食時刻來到時，大非不再快速奔竄，反倒在餵食管附近，數十秒後才進入管中。我們特別注意到，在「尋覓期」的前半段，大非好像被空間位置給困惑住了，牠多半優先選擇指向東方或東南方的管道；到了後半段，牠才逐漸把注意力轉移到顏色來，我們則稱為「**進步期**」。不過，紅、紫兩色的混淆，似乎成了牠偶爾失誤的主要原因。
4. 大非在十二月二日以後正式進入了「**領悟期**」，從此牠又恢復明快的行動，連連順利過關，充分證明了牠能在紅、黃、綠、藍、紫五種顏色中

辨識出紅色。同時，我們也推測，牠必定具有相當的學習能力，可以在兩個月之內領悟到，只有紅管才會出現食物。

5. 池中的另一位主角是阿里，可惜牠第一天就進錯了管子，沒能吃到餌食。此後便不再游進餵食管，只靠事後的補餵來填飽肚子。我們覺得應該另外再安排新的機會，讓阿里擺脫大非的爭食，好好的表現一下自己的色覺和學習能力，於是十一月十五日展開了「**隔離實驗**」，而阿里也如我們所願一步步的向前邁進，最後有志者事竟成了。
6. 剛進行隔離實驗的第一天，我們便碰上了頭痛的問題：用撈網也撈不到機伶的大非！我們只好趁牠進入紅管覓食的時候下手，可是這麼一來，發生副作用了。隔天牠遲遲不肯入管取食，就這麼硬生生的中斷了連續過關的記錄。還好，後來阿里加快了取食的速度，同時也縮短了大非受困於隔離籃的時間一切也就逐漸恢復正常。
7. 在實驗二中，利用辨色卡來使大非與阿里明白顏色的辨認。可惜，在剛開始時，牠們還是直游入紅色，過了兩天以後，大非才明白了紅管中並沒有飼料，轉向觀察辨色卡。而阿里似乎也因為大非的舉動，而好奇地去觀察辨色卡。
8. 到實驗的末期，大非與阿里已經可以在一分鐘之內入該辨色的管子，進而達到了我們實驗的目標。
9. 做實驗三時，因為我們有之前的經驗，更懂得如何讓魚快速且正確的辨認顏色。為了不讓魚進入新環境所產生的恐懼，我們所準備的事前工作更加確實。
10. 在六月四日開始第二階段實驗時，因為魚兒們都不習慣這個實驗，所以都不動或是亂游。但當從六月五日小綠開始知道進牠常接觸的顏色就會有食物吃之後，牠就很快的可以辨認顏色。其餘的魚也在五天內很快的了解。
11. 在六月十日，第一次全部的魚都可以正確的進入自己該進入的顏色，並吃完食物。
12. 在經過實驗三的結果，証明了我們先前的假設的確經得起考驗，我們所設計的實驗方法也展現了一定的價值。

## 捌、結論

1. 非洲王子和阿里兩種魚可以對紅、黃、綠、藍、紫五色有辨認和學習的能力。
2. 非洲王子的辨色學習能力很顯然的大於阿里。

## 玖、參考資料

1. 何太榮著 魚類的行為與捕撈 五洲出版社
2. 施琮芳編著 魚類生理學 水產出版社
3. 狄克米爾斯 觀賞魚圖鑑 貓頭鷹出版社 213 222 頁
4. 魚類的生活 光復書局
5. 自然百科圖書館第六冊—魚類的世界 陽銘出版社

附件 1

養魚日誌

年 月 日 PM 時 分開始實驗

實驗第 天

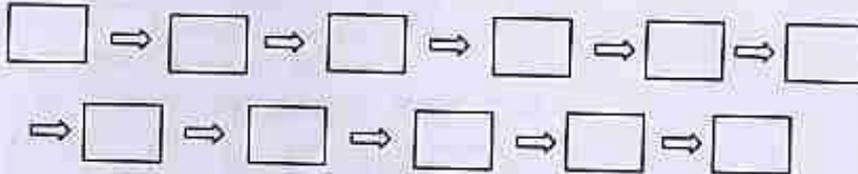
色向東

今天放 色卡

非洲王子

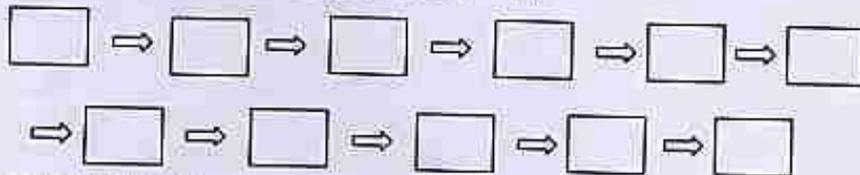
1.直接進 洞。

2.先進入其他顏色的洞，再進入 洞。



3.丟了飼料，只進入 洞。

4.丟了飼料先進入別的顏色的洞，後進入 洞。



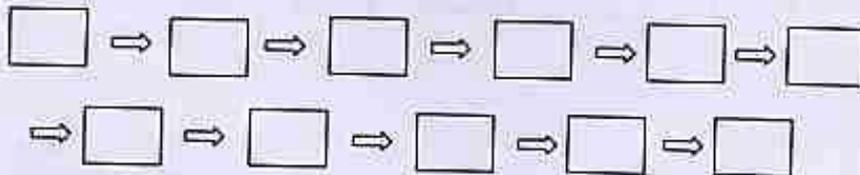
5.什麼洞都沒進去。

實驗花了 時 分 秒

阿里

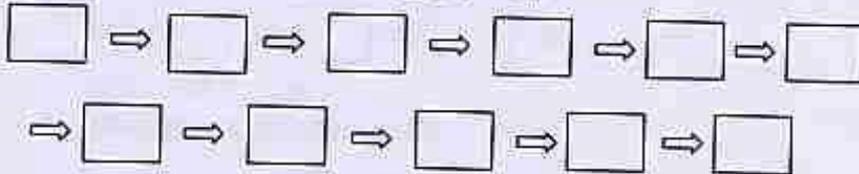
1.直接進 洞。

2.先進入其他顏色的洞，再進入 洞。



3.丟了飼料，只進入 洞。

4.丟了飼料先進入別的顏色的洞，後進入 洞。



5.什麼洞都沒進去。

實驗花了 時 分 秒

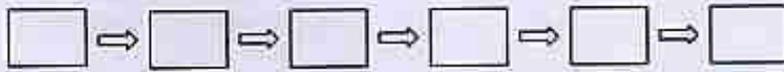
養魚日誌

年 月 日 PM 時 分開始實驗

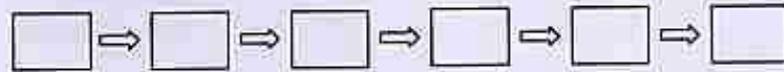
今天 色向東

小綠

- 1.直接進 洞。
- 2.先進入其他顏色的洞，再進入 洞。



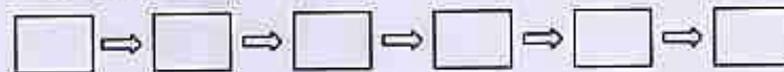
- 3.丟了飼料，只進入 洞。
- 4.丟了飼料先進入別的顏色的洞，後進入 洞。



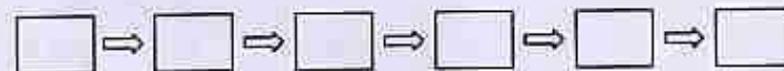
5.什麼洞都沒進去。  
實驗花了 時 分 秒

小黃

- 1.直接進 洞。
- 2.先進入其他顏色的洞，再進入 洞。



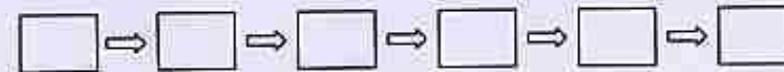
- 3.丟了飼料，只進入 洞。
- 4.丟了飼料先進入別的顏色的洞，後進入 洞。



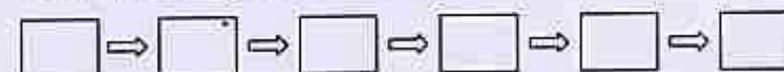
5.什麼洞都沒進去。  
實驗花了 時 分 秒

小紫

- 1.直接進 洞。
- 2.先進入其他顏色的洞，再進入 洞。



- 3.丟了飼料，只進入 洞。
- 4.丟了飼料先進入別的顏色的洞，後進入 洞。

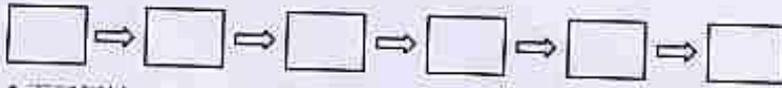


5.什麼洞都沒進去。  
實驗花了 時 分 秒

### 小紅

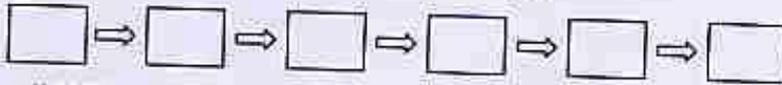
1. 直接進 洞。

2. 先進入其他顏色的洞，再進入 洞。



3. 丟了飼料，只進入 洞。

4. 丟了飼料先進入別的顏色的洞，後進入 洞。



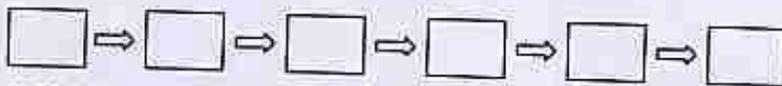
5. 什麼洞都沒進去。

實驗花了 時 分 秒

### 小藍

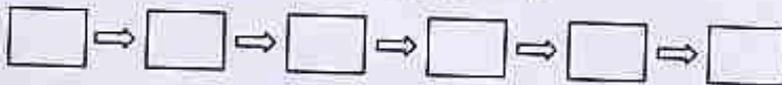
1. 直接進 洞。

2. 先進入其他顏色的洞，再進入 洞。



3. 丟了飼料，只進入 洞。

4. 丟了飼料先進入別的顏色的洞，後進入 洞。



5. 什麼洞都沒進去。

實驗花了 時 分 秒

## 評語

實驗設計甚佳、有創意、結果已呈現，如能增加樣品數或選用本土材料則有更佳結果。