

# 臺灣二〇〇八年國際科學展覽會

科 別：動物學

作 品 名 稱：感官經驗對朱文錦之行爲調控

學校 / 作者	：臺北市立中山女子高級中學	洪于涵
	臺北市立中山女子高級中學	李怡臻

## 作者簡介



我們是洪于涵(左)和李怡臻(右)，常常在一起做實驗與分享生活中的一切樂趣。一起解剖過文蛤與蟑螂，我們還將解剖完的標本用生物的方法畫了下來。也常常利用實驗與課業所剩餘的時間一起討論科學人中的內容，互相交換彼此的想法，就像個小型的讀書會。之前參與過的班遊活動，我們也會留意野外中的動植物，想去證明課本的內容是否正確。我們常在看完一部電影後，利用理性的思維探討劇情的連貫及邏輯性，也會用感性的觀點討論角色的個性與行為，有的時候還會因為彼此的觀點不同而爭論不休呢！我們還有許多共同的興趣，像是排球、吉他、畫畫等等。我們總是喜歡一起探討生活中大大小小的事情，無論是有關科學的、藝術的、甚至是人生的價值觀，藉由相互的辯論與分析，使我們一直不斷的自我成長、自我超越！

## -目錄-

作品名稱.....	1
英文標題.....	1
<u>英文摘要</u> (Abstract) .....	1
<u>中文摘要</u> .....	1
一、前言 .....	2
二、研究方法或過程.....	3
(一)、實驗動物.....	3
(二)、研究設備器材.....	3
(三)、實驗步驟.....	4
三、研究結果.....	8
(一)、電擊逆境經驗對朱文錦環境偏好行為的影響.....	8
(二)、高滲透壓逆境經驗對朱文錦環境偏好行為的影響.....	11
(三)、電擊逆境與高滲透壓逆境經驗之比較.....	15
(四)、朱文錦之空間記憶與色彩辨識的能力.....	16
四、討論.....	17
(一)、不同因子對朱文錦環境偏好的影響.....	17
(二)、朱文錦之空間記憶與色彩辨識的能力.....	17
五、結論.....	18
六、參考資料.....	18

作品名稱：感官經驗對朱文錦之行為調控

英文標題：The goldfish's behavior modulated by different kinds of sensory experience.

英文摘要(Abstract)：

In this research, we investigated the interactions between goldfish' (*Carassius auratus*) sensory experiences (electric shock, high osmotic pressure and colors). We separated the sensory experiences into two parts. One of them, we used different kinds of environmental color-models to analyze goldfish's environmental preference behavior and different kinds of stress experience (electric shock and high osmotic pressure) to build the animal model of environmental preference behavior. We found that goldfish prefer brown-colored environment (compared with white) and different stress has different effects on fish's environmental preference behavior. It proves that fish has the ability to learn and memorize the stress experience and shows that there are complicated interactions among environmental stimulus, memories of stress and behaviors caused by different kinds of stress.

Also, we investigated the interactions between spatial memory and color distinction. We measured the duration of goldfish getting through the color-marked barriers driven by regular electric shock. We found that goldfish spend less time to get through color-marked barriers than those unmarked. It shows that there are some interactions between spatial memory and color distinction.

In conclusion, the research proves that different sensory experiences can affect goldfish's behaviors.

中文摘要：

本實驗利用感官經驗(電擊、高滲透壓、色彩)，探討與朱文錦(*Carassius auratus*)行為調控的交互作用。我們將感官經驗分成兩模式：

利用環境色彩特徵的差異，探討不同逆境刺激經驗(施予電擊或高滲透壓環境)，與魚類環境偏好行為的交互作用，建立朱文錦環境偏好行為之動物模式。我們發現朱文錦偏好土色環境(相對於白色環境)，而不同性質的逆境經驗，對魚類的環境偏好行為具有不同的影響，顯示魚類具有記憶逆境環境的學習能力，且證明「環境刺激—經驗(記憶)—行為表現」三者之間具複雜的交互作用。

另外，我們亦探討空間記憶與色彩辨識的交互作用，利用規律的電擊刺激使朱文錦通過有色彩標示的關卡，以研究色彩差異與空間變化對朱文錦通過關卡能力的影響。我們發現色彩的標示可降低通過關卡的時間，且不同的色彩具不同程度的效果，顯示空間記憶與色彩辨識具交互作用。

本實驗證明了不同的感官經驗或刺激，對朱文錦的行為調控具質與量的差異。

## 一、前言

在夜市看到小朋友拿網子撈朱文錦，魚看到網子後會快速逃開，魚在經驗中學習而有此反應並不奇怪，但我們感到好奇的是魚依照什麼樣的機制而產生如此的行為呢？在查閱相關資料後，發現前人的研究多為比較不同間隔的連續刺激，對其學習與記憶的影響，或研究記憶形成的機制與特性，卻鮮少討論不同的刺激因子與其他性質，會對實驗動物的記憶與行為產生什麼樣的影響。另外，若實驗動物本身具有偏好(如偏好某種棲地或表現某種行為)，逆境刺激的經驗對其記憶與行為有會有何種交互作用？為回答以上疑問，我們利用色彩差異與感官經驗的交互作用，觀察是否對朱文錦的行為學習能力產生調控的作用。



圖一 夜市裡的撈魚攤販。

本研究分為兩個部份，一是利用環境色彩特徵的差異，及逆境刺激的感官經驗，探討朱文錦逆境經驗(記憶)調節環境偏好之選擇行為，並以電擊及高滲透壓兩種不同的逆境經驗處理，觀察不同性質的逆境經驗，對其環境偏好行為的影響。其二是利用不同的色彩標示，配合電擊逆境刺激，探討其空間記憶與色彩辨識的能力。

本研究要探討的問題如下：

- (一)、朱文錦對環境的顏色是否具有偏好？
- (二)、朱文錦是否會因逆境刺激(電擊與高滲透壓環境)的經驗，產生制約學習，而改變對環境的偏好？
- (四)、不同性質的逆境刺激，對朱文錦環境偏好的影響效果是否一致？
- (五)、朱文錦在逆境刺激中是否具有空間辨識位置的能力？
- (六)、色彩的提示是否對其空間辨識的學習造成影響？

## 二、研究方法或過程

### (一)、實驗動物

向水族店購買的朱文錦(*Carassius auratus*，圖二)，飼養於水族缸，水溫 25～28℃，每週提供足夠飼料並定期換水清洗。實驗動物至少於水族缸中馴養一個星期，挑選體色健康無傷口，且體積大小相若的個體進行實驗，實驗後的動物細心飼養，不再用於實驗研究。



圖二 朱文錦(*Carassius auratus*)。

### (二)、研究設備器材

#### 1. 不同因子對朱文錦環境偏好的影響

- (1).長方形塑膠盒( 9\*5\*9 cm )
- (2).鋁箔紙
- (3).白色與土色的紙
- (4).錄放影機
- (5).錄影設備
- (6).電擊裝置
- (7).計時器
- (8).0.875%氯化鈉溶液(濃度為海水濃度的四分之一)
- (9).漏斗
- (10).吸管
- (11).橡皮管
- (12).燒杯(1L)\*2

#### 2. 朱文錦之空間記憶與色彩辨識的能力

- (1).長方形塑膠盒( 9\*5\*9 cm )
- (2).鋁箔紙
- (3).白色與土色的紙
- (4).電擊裝置



- (5).計時器
- (6).塑膠墊
- (7).節拍器
- (8).不同色彩之馬克筆

### (三)、實驗步驟

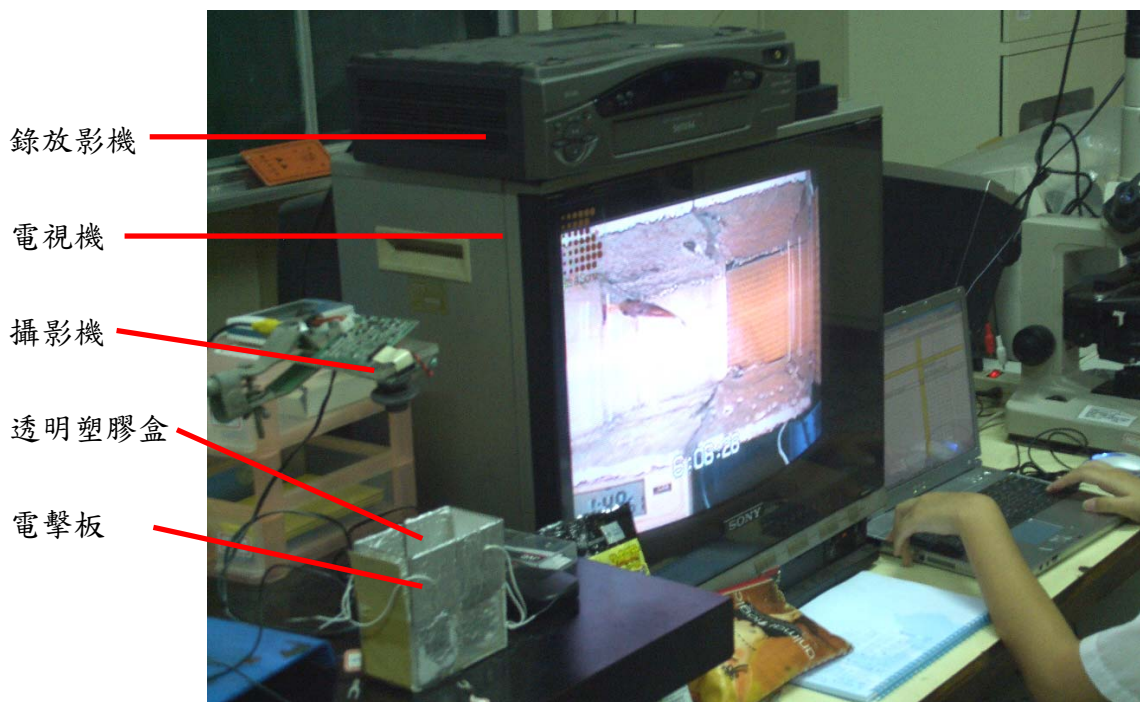
#### 1. 不同因子對朱文錦環境偏好的影響

##### (1).朱文錦對環境的偏好行為：

將透明塑膠盒外表面貼上色紙，分成白色及土色兩個區域，且具有相同的容積。選用白色和土色當作不同區域背景顏色，為模擬一般魚類生活環境中常見的顏色，土色區域相似於河流中的土質底部，光線比較弱，環境比較暗的區域；而白色區域相似於水體的表層，日光易穿透而明亮。

實驗流程：

- a. 將長方形的塑膠盒分成兩個區域。
- b. 分別在兩個區域的外側以及底部貼上白色的紙和土黃色的紙。
- c. 用壓克力板分隔這兩個區域，隨機將魚體置於土色區或白色區之一。
- d. 把壓克力板拿起，開始進行兩小時的錄影。
- e. 分析紀錄的影片(圖三)，測量魚體由土色區域進入白色區域，與白色區域進入土色區域的時間，記錄的時間以整個魚體進入新的區域為準。最後計算魚體分別停留於土區與白區的總和時間、單次停留時間與換區的頻率。

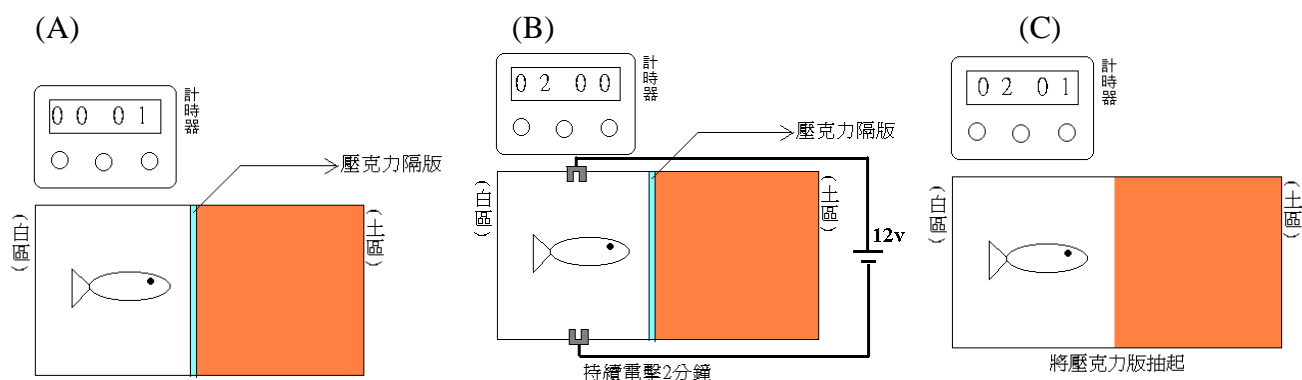


圖三 播放影片，進行測量、記錄與分析的實驗過程照片。

(2).朱文錦經電擊逆境刺激後(電擊逆境經驗)，對環境偏好行為的影響：

實驗流程：

- 實驗器材如上述。
- 將長方形塑膠盒的兩旁內側，由外往內貼上鋁箔紙作為電擊板(圖四)，其中土區與白區電擊板各自獨立。
- 土區與白區之間不設置電擊板，方便插入壓克力板以區隔兩區。
- 隨機選擇其中的一個區域，將朱文錦置入並限制活動範圍。
- 將電擊板接上 12 伏特的電源，並施以電擊兩分鐘，使朱文錦於特定環境接受逆境經驗。
- 兩分鐘之後，停止電擊並且將壓克力板拿起，利用錄影設備進行兩小時的錄影。
- 利用錄放影機分析記錄的影像，分析魚體在白色區域及土色區域總和時間、單次停留時間與換區的頻率，並記錄、分析、討論。



圖四 施予魚體電擊逆境經驗的操作示意圖。

- 以壓克力板區隔土色與白色兩區，將魚體置入其中一區。
- 施以電擊兩分鐘，使魚體於特定環境接受逆境經驗。
- 停止電擊後將壓克力板拿起，進行兩小時的紀錄。

(3).朱文錦於高滲透壓環境，對環境偏好行為的影響：

經前測發現，朱文錦於海水濃度的滲透壓環境中，容易造成傷害而死亡，而四分之一海水濃度，不會造成魚體傷害，但在行為上可觀察魚體處於逆境(游泳速度與探索行為增加)的反應，因此選擇使用四分之一海水濃度作為高滲透壓逆境的刺激因子。

實驗流程：

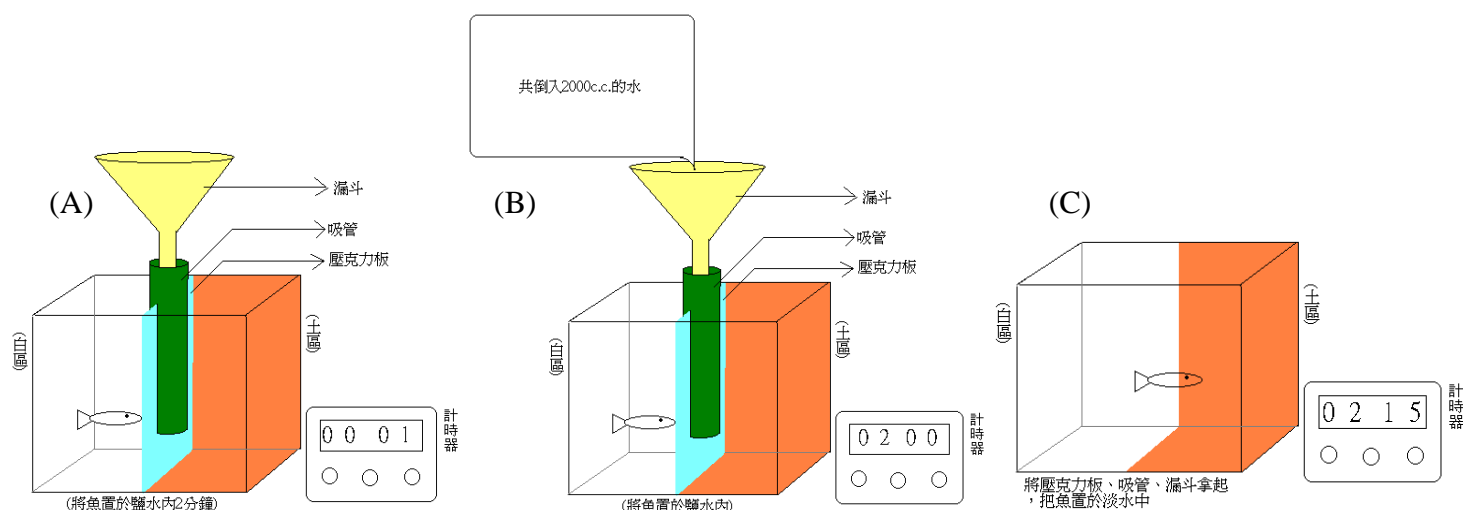
- 步驟如同「(1).朱文錦對環境的偏好行為」
- 於 0.875%濃度的氯化鈉溶液(海水濃度的四分之一)的環境下進行。
- 進行兩小時的錄影紀錄。
- 分析魚體在白色區域及土色區域總和時間、單次停留時間與換區的頻率，並記錄、分析、討論。



(4).朱文錦經高滲透壓逆境刺激後(高滲透壓逆境經驗)，對環境偏好行為的影響：

實驗流程(圖五)：

- 研究步驟如「(2).朱文錦經電擊逆境刺激後(電擊逆境經驗)，對環境偏好行為的影響」。
- 注入 0.875%濃度的氯化鈉溶液(海水濃度的四分之一)。
- 用壓克力板分隔這兩個區域，隨機將魚體置於土色區或白色區之一。
- 經高滲透壓逆境刺激，使魚體於特定環境接受逆境經驗。
- 兩分鐘後，以兩公升的淡水置換高滲透壓溶液。
- 必要時以虹吸管將多餘的水吸離。
- 將壓克力板拿起，利用錄影設備進行兩小時的錄影。
- 分析魚體在白色區域及土色區域之停棲總時間、單次停留時間與換區的頻率，並記錄、分析、討論。



圖五 施予魚體高滲透壓逆境經驗的操作示意圖。

- 以壓克力板區隔土色與白色兩區，注入高滲透壓溶液，將魚體置入其中一區，使魚體於特定環境接受逆境經驗，持續兩分鐘。
- 逆境刺激後，以兩公升的淡水置換高滲透壓溶液。
- 將壓克力板拿起，進行兩小時的紀錄。

## 2. 朱文錦之空間記憶與色彩辨識的能力

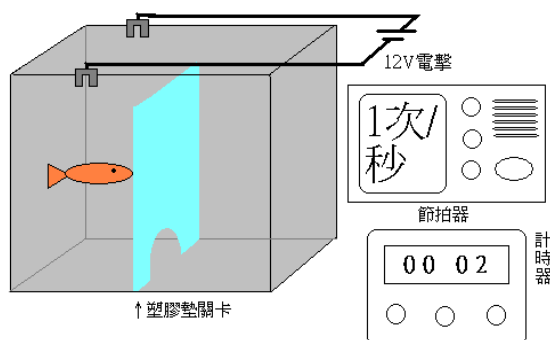
(1).不同區域的關卡對朱文錦學習效果的影響：

利用自行設計的關卡(魚體可通過的孔洞)裝置，共有洞口在上與洞口在下兩種模式，以研究洞口位置對其學習效果有所影響。

實驗流程(圖六)：

- 選擇其中一種關卡模式(洞口在上或洞口在下)置入塑膠盒中。

- b. 取一隻朱文錦置入實驗器材中適應 1 分鐘。
- c. 使用節拍器(60Hz)為時間計算的標準，給予朱文錦間隔 2 秒的電擊刺激，且每次的刺激持續 2 秒。
- d. 朱文錦每通過一次關卡便給予 20 秒的休息時間。
- e. 紀錄每次通過關卡的時間，實驗共 10 次。



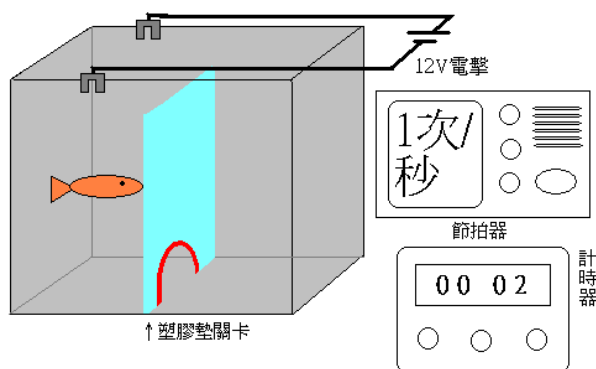
圖六 不同洞口位置的關卡對朱文錦學習效果的影響的操作示意圖(以洞口在下為例)。

## (2).關卡中的色彩提示對朱文錦學習效果的影響：

在我們所設計的關卡中，將兩種模式的關卡(洞口在上與洞口在下)加上色彩提示，以研究魚體是否因為洞口的色彩提示而對其學習效果有所影響。本研究探討紅、綠兩種對比色彩提示的效果差異。

實驗流程(圖七)：

- a. 將實驗裝置的關卡加上色彩提示。
- b. 實驗步驟如「(1).不同區域的關卡對朱文錦學習效果的影響」。



圖七 關卡中的色彩提示對朱文錦學習效果的操作示意圖(以洞口在下且以紅色標示為例)。

### 三、研究結果

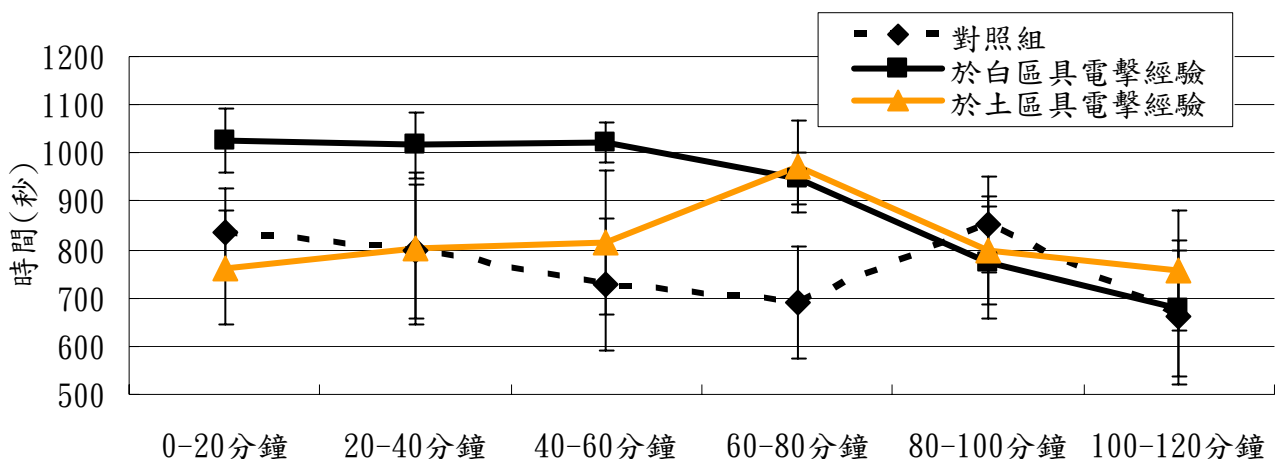
#### (一)、電擊逆境經驗對朱文錦環境偏好行為的影響

以每 20 分鐘記錄一次的方式，可觀察魚體於土區停留時間的趨勢變化(圖八)，其中對照組與於土區具電擊經驗的魚體無明顯起伏變化，而於白區具電擊經驗之魚體，於前一小時於土區停留時間較對照組多，而在第二小時內逐漸減少而對照組與相近。

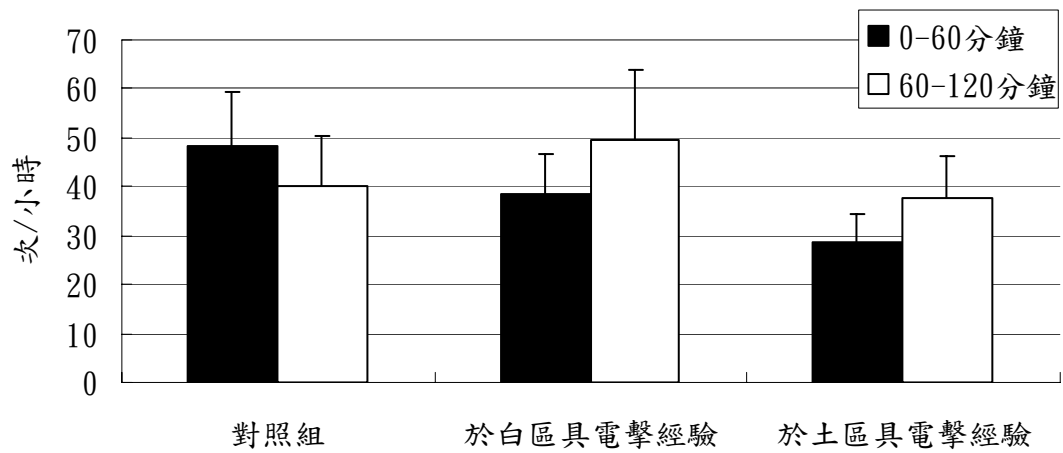
比較各組變換停棲區域的頻率(圖九)，對照組、於白區具電擊經驗組、於土區具電擊經驗組之間無明顯差異，且前、後一小時之間亦無差異。

比較各組停棲在土區的總和時間(圖十)，對照組、於白區具電擊經驗與於土區具電擊經驗的魚體皆具有土區偏好(一小時內大於 1800 秒)，於白區具電擊經驗的魚體，停留於土區的時間大於對照組，顯示於白區的電擊經驗增加了停留於土區的時間。若觀察第二小時的情形，可發現各處理組停留於土區的時間總和，皆與對照組一致，代表白區電擊經驗的效應，只持續約一小時。

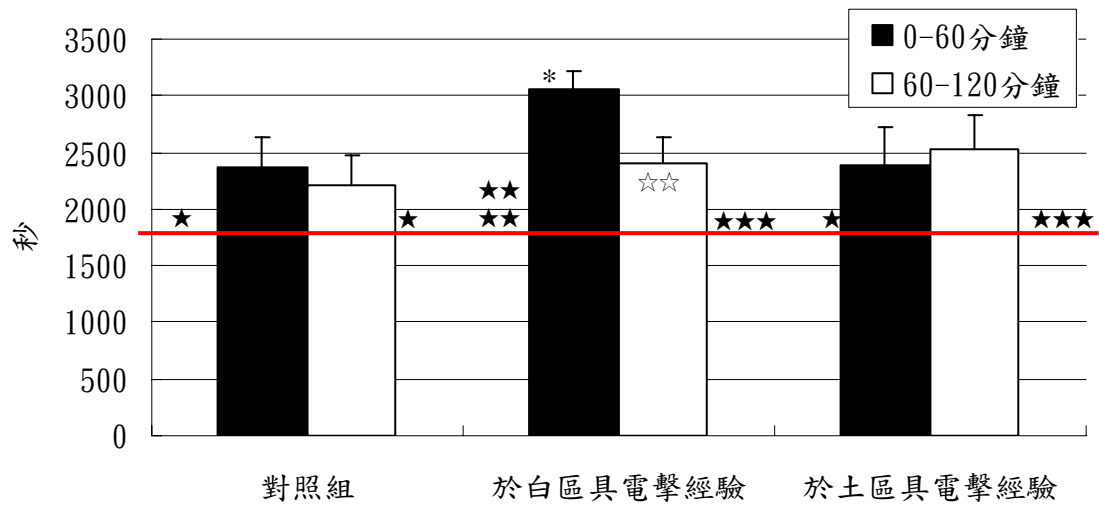
若計算魚體單次進入土區與白區的時間(圖十一)，可發現於白區具電極經驗的魚體，單次停留於白區的時間下降，而單此停留於土區的時間增加，顯示於白區具電極經驗的魚體，具有記憶環境的能力，進而改變其環境偏好行為。於土區具電極經驗的魚體，單次停留於土區與白區時間皆增加，但單次停留於土區的時間仍大於白區。在第一小時與第二小時中，各處理組於土區單次停棲時間皆大於白區，顯示在單次停棲時間上，魚體具有土區偏好，且電極經驗不會使其消失，但白區的電極經驗會增強之，且其效應於第二小時仍存在。於土區具電極經驗的魚體，雖然在白區與土區的單次停棲時間皆增加，但於第二小時內，於白區單次停棲時間即恢復，但土區的單次停棲時間仍高於對照組。



圖八 朱文錦於土區停棲總和時間的趨勢(mean  $\pm$  SE；各組 n=7)。



圖九 朱文錦更換停棲區域的頻率(mean  $\pm$  SE；各組 n=7；單尾 t 檢定：無顯著差異)。

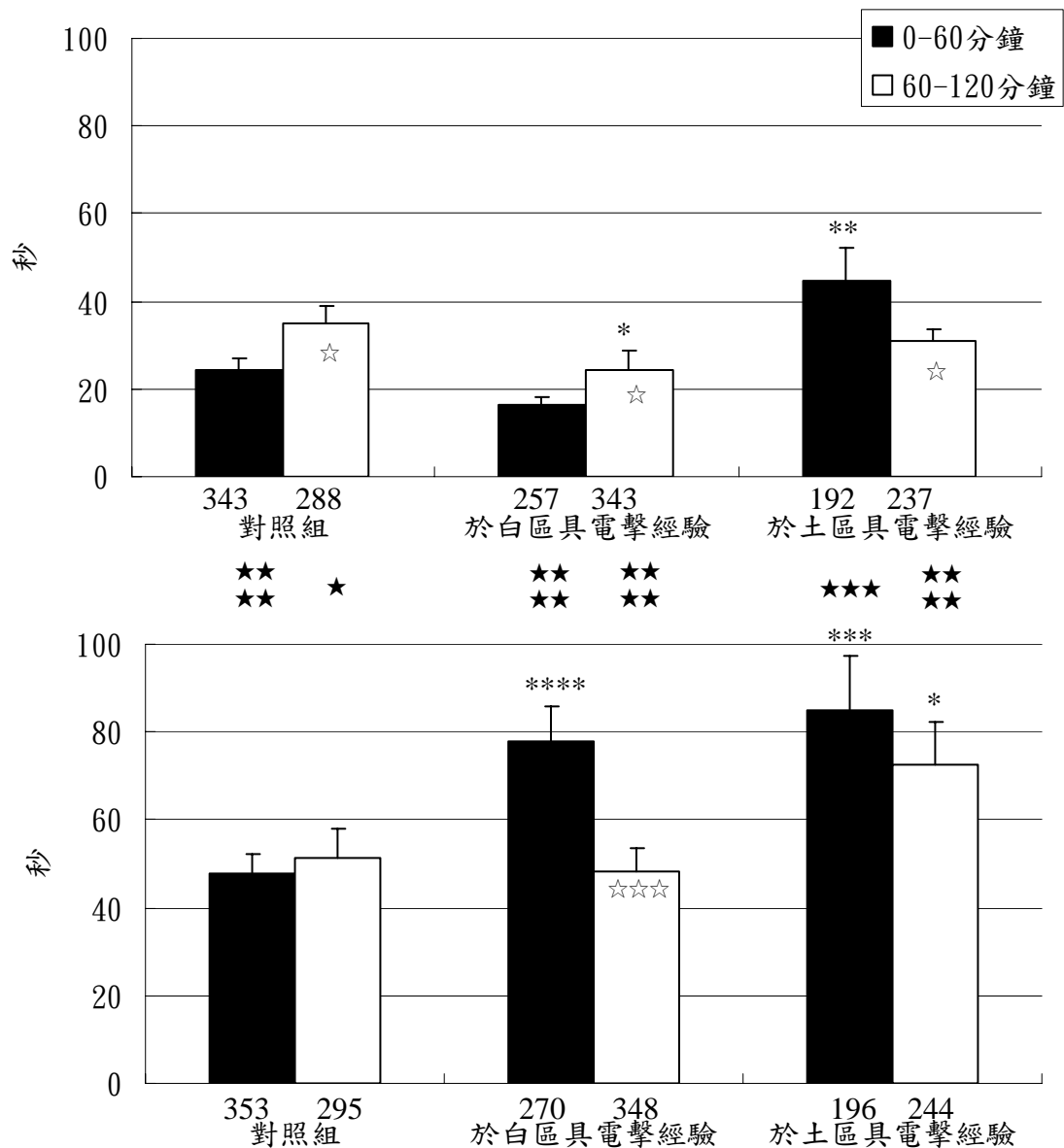


圖十 朱文錦停棲於土區的總和時間(mean  $\pm$  SE；各組 n=7)。

與對照組相較：單尾 t 檢定；\*：p<0.05。

與 0-60 分鐘相較：單尾配對 t 檢定；☆☆：p<0.01。

與 1800 秒相較：單尾 z 檢定；★：p<0.05；★★★：p<0.005；★★★★：p<0.001。



圖十一 朱文錦於白色區域(A)與土色區域(B)的單次停棲時間(mean ± SE；各組 n=7；柱狀圖下之數字為計算的事件數)。

與對照組相較：單尾 t 檢定；\*：p<0.05；\*\*：p<0.01；\*\*\*：p<0.005；\*\*\*\*：p<0.001。

與 0-60 分鐘相較：單尾 t 檢定；☆：p<0.05；☆☆☆：p<0.005。

土區與白區單次停棲時間相較：單尾 t 檢定；★：p<0.05；★★★：p<0.005；★★★★：p<0.001。

## (二)、高滲透壓逆境經驗對朱文錦環境偏好行為的影響

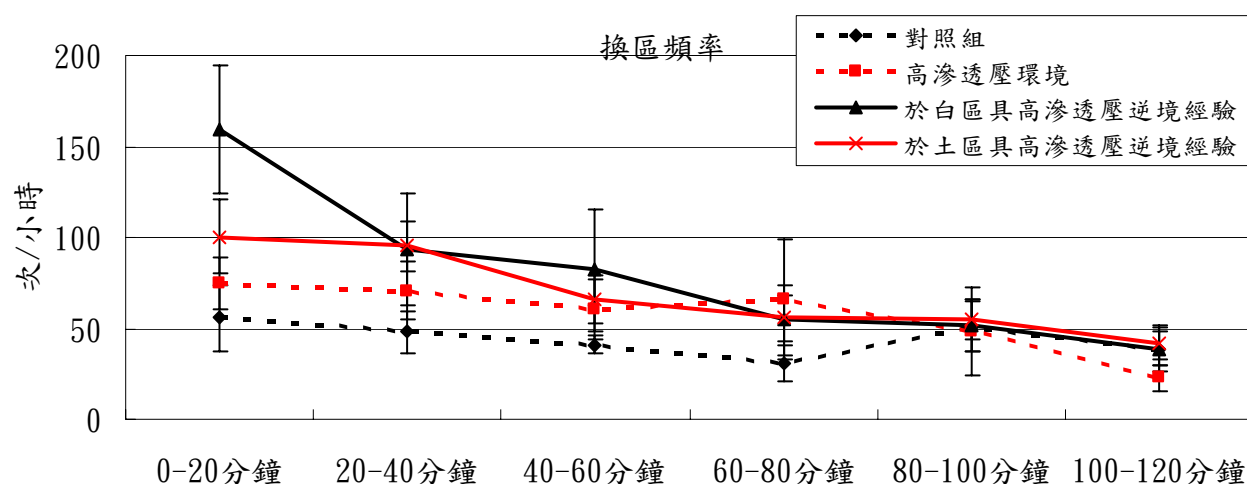
以每 20 分鐘記錄一次的方式，觀察魚體更換停棲區域的頻率變化趨勢(圖十二)。可發現高滲透壓環境組或具高滲透壓逆境經驗的組別，其更換停棲區域的頻率無明顯變化，而對照組前 20 分鐘更換停棲區域的頻率較高，而後逐漸平緩。

若觀察魚體於白色區域(圖十三 A)與土色區域(圖十三 B)單次停留時間的趨勢，可發現各處理組於白區單次停留時間皆有增加的趨勢、而於土區單次停留時間亦具類似的趨勢，但較不明顯。

比較各組變換停棲區域的頻率(圖十四)，可發現於白區或土區具高滲透壓逆境經驗，在第一小時內變換停棲區域的頻率增加，而於第二小時恢復。於高滲透壓環境的魚體，雖然變換停棲區域的頻率亦有增加的趨勢，但未達統計顯著的標準。

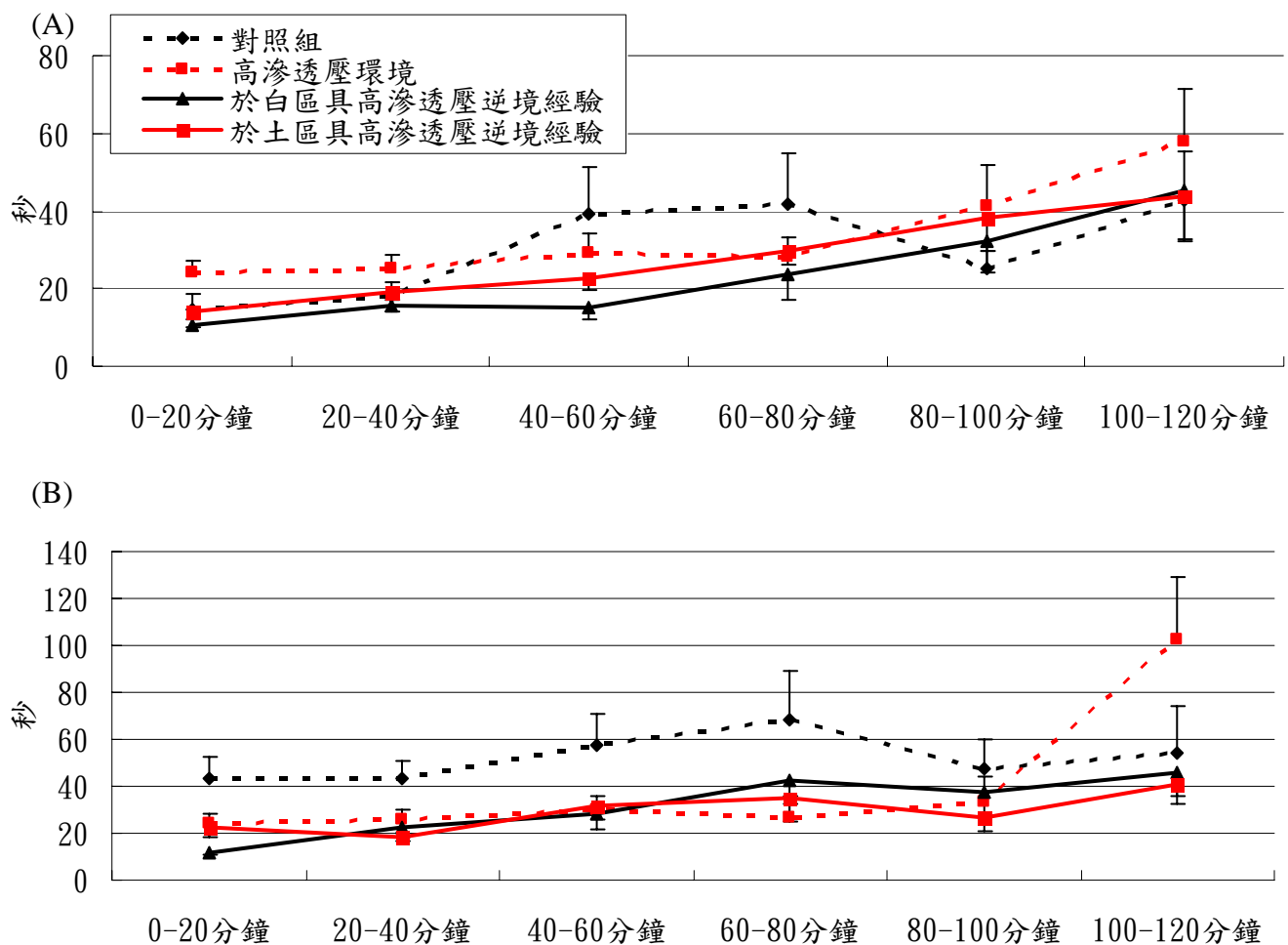
比較各組停留在土區的總和時間(圖十五)，高滲透壓環境、於白區或土區具高滲透壓逆境經驗的魚體，對土區的偏好皆消失。

若觀察魚體於白色區域(圖十六 A)與土色區域(圖十六 B)的單次停留時間，處於高滲透壓環境的魚體於土區的單次停留時間下降，與白區單次停留時間一致，而在第二小時，於白區與土區的單次停留時間皆增加，但白區與土區的單次停留時間仍然一致，顯示該組魚體不具環境偏好。於白區與土區具高滲透壓逆境經驗的魚體，在第一小時白區與土區的單次停留時間皆下降，但於土區單次停留時間仍大於白區，而於第二小時大多可恢復。於土區具高滲透壓逆境經驗的魚體於白區的單次停留時間大於白區具高滲透壓逆境經驗，顯示高滲透壓逆境經驗可影響魚體的環境偏好行為，但其效果不如電極逆境(圖十一)。

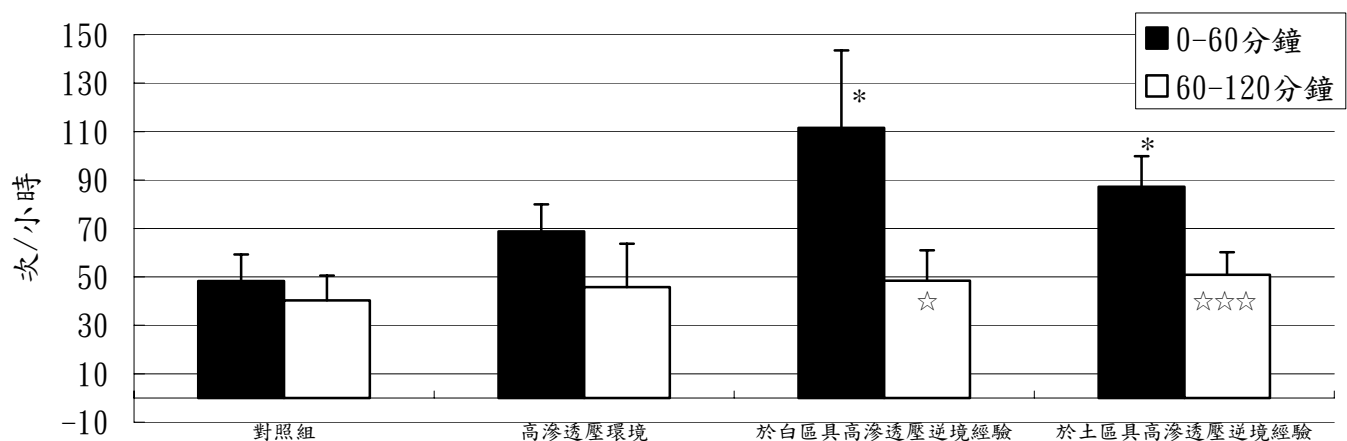


圖十二 朱文錦更換停棲區域的頻率(mean  $\pm$  SE; 對照組: n=7; 高滲透壓: n=8; 白區具逆境經驗組: n=7; 土區具逆境經驗組: n=8)。

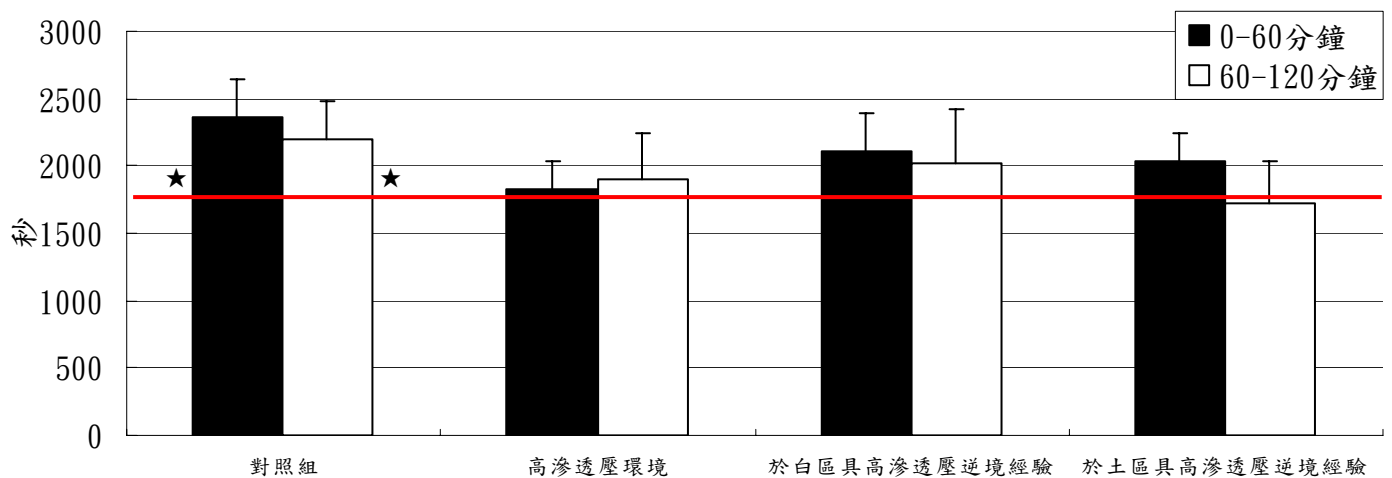




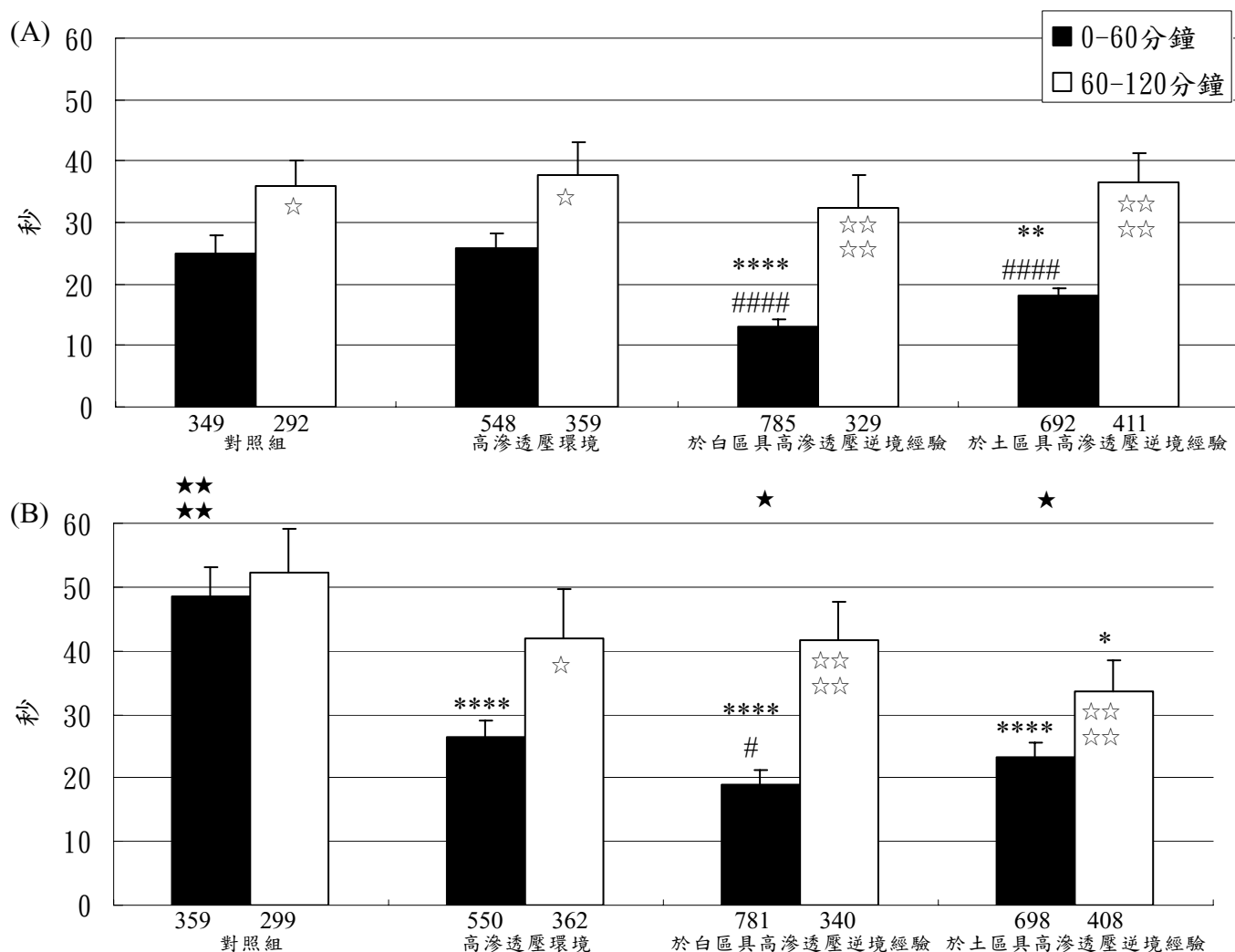
圖十三 朱文錦於白色區域(A)與土色區域(B)單次停留時間的趨勢 (mean ± SE；對照組：n=7；高滲透壓：n=8；白區具逆境經驗組：n=7；土區具逆境經驗組：n=8)。



圖十四 朱文錦更換停棲區域的頻率(mean  $\pm$  SE；對照組：n=7；高滲透壓：n=8；白區具逆境經驗組：n=7；土區具逆境經驗組：n=8)。  
與對照組相較：單尾 t 檢定；\*：p<0.05；\*\*：p<0.01；\*\*\*：p<0.005；\*\*\*\*：p<0.001。  
與 0-60 分鐘相較：單尾 t 檢定；☆：p<0.05；☆☆☆：p<0.005。



圖十五 朱文錦停留在土區的總和時間(mean  $\pm$  SE；對照組：n=7；高滲透壓：n=8；白區具逆境經驗組：n=7；土區具逆境經驗組：n=8)。  
與對照組相較：單尾 t 檢定；無顯著差異。  
與高滲透壓環境組相較：單尾 t 檢定；無顯著差異。  
與 0-60 分鐘相較：單尾配對 t 檢定；無顯著差異。  
與 1800 秒相較：單尾 z 檢定；★：p<0.05。



圖十 朱文錦於白色區域(A)與土色區域(B)的單次停留時間(mean ± SE；對照組：n=7；高滲透壓：n=8；白區具逆境經驗組：n=7；土區具逆境經驗組：n=8；柱狀圖下之數字為計算的事件數)。

與對照組相較：單尾 t 檢定；\*： $p<0.05$ ；\*\*： $p<0.01$ ；\*\*\*\*： $p<0.001$ 。

與高滲透壓環境組相較：單尾 t 檢定；#： $p<0.05$ ；#####： $p<0.001$ 。

與 0-60 分鐘相較：單尾 t 檢定；☆： $p<0.05$ ；☆☆☆☆： $p<0.001$ 。

與土區與白區單次停棲時間相較：單尾 t 檢定；★： $p<0.05$ ；★★★★： $p<0.005$ ；★★★★★： $p<0.001$ 。

### (三)、電擊逆境與高滲透壓逆境經驗之比較

將本實驗的結果統整如表一。觀察土區停棲總和時間，對照組與電擊逆境經驗的魚體皆具有土區偏好，且會因在白區的電擊經驗而增強該偏好。同樣的效果亦可於單次停棲白區時間中發現。但高滲透壓逆境經驗，消除了魚體大部分的土區偏好行為，除了白區的逆境經驗可調節單次停棲各區的時間。另外，高滲透壓經驗處理組的第一小時期間，換區頻率增加，代表魚體的探索行為增加，而於第二小時單次停棲白區與土區的時間皆增加。同樣的情形亦見於對照組，顯示除了環境偏好行為外，魚體在初至新環境時具有探索環境的行為，而探索行為會逐漸減小。

表一 各處理組對朱文錦環境偏好影響一覽表。

時間	項目	對照組	電擊經驗		高滲透壓	高滲透壓經驗	
			白區	土區		白區	土區
第一小時	土區停棲總時間	B(+)	A(+)	B(+)	B	B	B
	換區頻率	B	B	B	B	A	A
	單次停棲白區時間	3	2	6	3	1	2
	單次停棲土區時間	6	7	7	3	2	2
第二小時	土區停棲總時間	B(+)	B(+)	B(+)	B	B	B
	換區頻率	B	B	B	B	B	B
	單次停棲白區時間	5	3	5	5	5	5
	單次停棲土區時間	6	6	7	6	6	4

註：1. 英文字母代表等級：A>B，各等級之間具統計上的差異(單尾t檢定)。

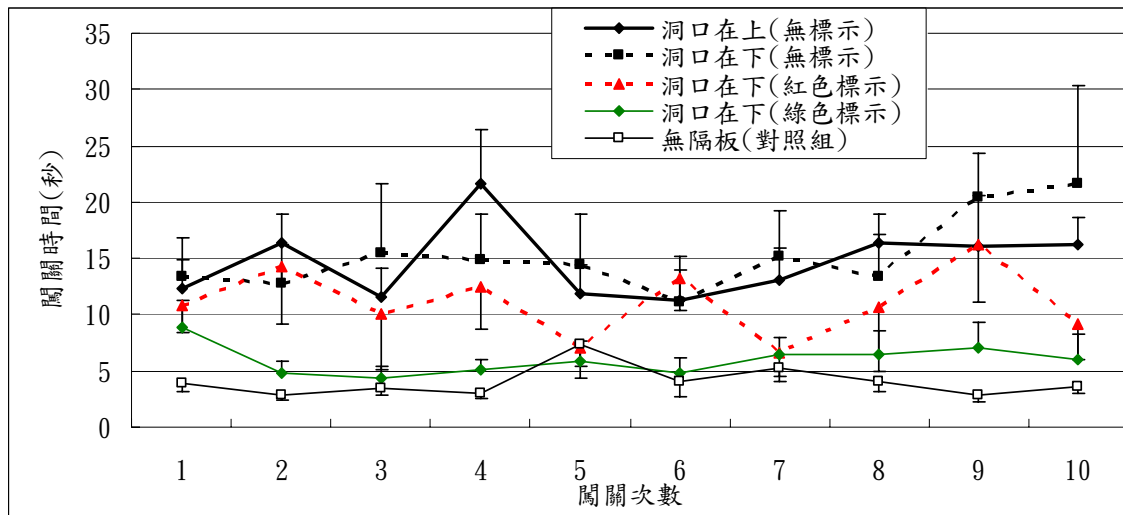
2. 土區停棲總時間中，若註記(+)代表於土區停棲時間大於白區(單尾配對t檢定)。

3. 數字代表等級：7>6>5>4>3>2>1，各等級之間具統計上的差異(單尾t檢定)。

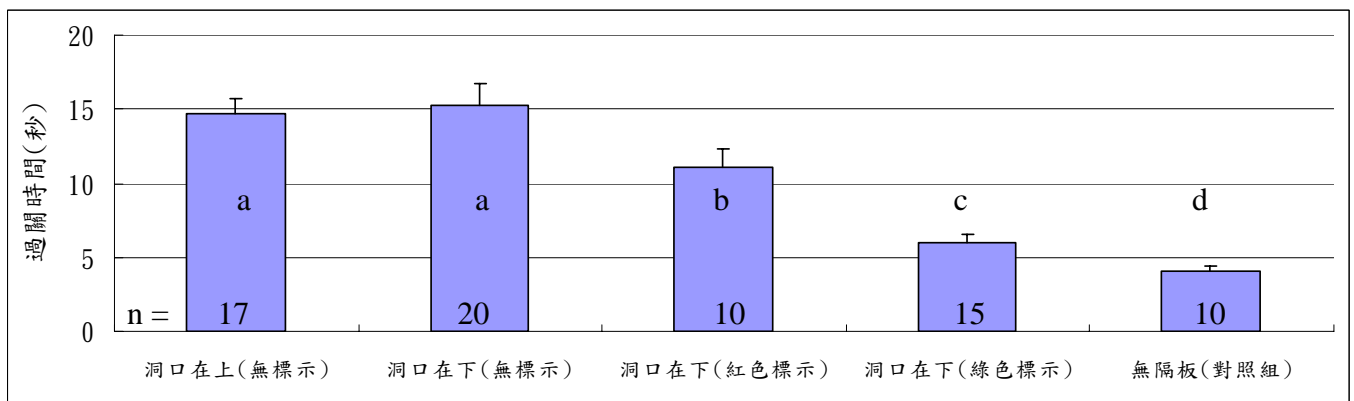
#### (四)、朱文錦之空間記憶與色彩辨識的能力

由圖十七中的數據可發現，無論是洞口在上或在下的關卡或有無色彩標示的關卡，經多次的刺激學習，朱文錦通過關卡的時間並沒有明顯的改變。

比較在不同種類的關卡中，朱文錦的闖關時間(圖十八)，顯示洞口的位置並未對其通過時間造成影響，但皆高於無隔板的對照組，顯示通過關卡需要耗費較多時間。色彩標示(綠色與紅色)的關卡，可降低魚體的闖關時間，其中綠色標示的效果叫紅色加(綠色標示的關卡闖關時間較少)，顯示不同色彩的標示會對朱文錦的闖關時間具有影響。



圖十七 朱文錦於不同種類的關卡中闖關時間的變化。



圖十八 不同關卡下朱文錦闖關時間的比較。 $a > b > c > d$ ，單尾 t 檢定。

## 四、討論

### (一)、不同因子對朱文錦環境偏好的影響

本研究發現性質不同的刺激因子，對朱文錦的行為調控具有差異，並且跟環境偏好有交互的影響。以下為我們對實驗結果的說明與探討：

無論何種處理，魚體於第二小時的單次停棲時間皆有增加的趨勢，顯示在第二小時魚體的探索行為較第一小時弱，使得魚體停棲時間增加。

觀察土區停棲總時間與單次停棲時間，可發現朱文錦具有土區的環境偏好，且電擊逆境經驗可調節此偏好。而高滲透壓環境或高滲透壓逆境經驗，會使大部分環境偏好行為消失，這可能是因為探索行為的干擾，掩蓋了環境偏好行為的表現，例如探索行為使換區頻率增加，單次停棲時間減小。

高滲透壓環境或高滲透壓逆境經驗使換區頻率增加，單次停棲時間減小，我們猜測除了探索行為的效應外，亦可能是魚體透過游動的方式，將鰓內積餘的高滲透壓溶液排除，特別是在剛離開高滲透壓狀態時(第一小時)。而在高滲透壓環境中，就無此行為(與對照組相較，換區頻率、單次停棲時間皆無改變)。另外，滲透壓的改變，也可能是一種環境因子的刺激，爾後可設計更完備的對照組，深入探討該因子。

比較於白區與土區具電擊經驗的魚體，可發現無論土區停棲總時間或單次停棲時間，皆是白區具電擊經驗的效果大於土區具電擊經驗的魚體，且皆可延續至第二小時。比較於白區與土區具高滲透壓經驗的魚體，可發現無論土區停棲總時間或單次停棲時間，皆是白區具電擊經驗的效果大於土區具電擊經驗的魚體，且皆可延續至第二小時。綜合上述的探討，可發現無論何種性質之逆境經驗，於白區的逆境經驗對魚體的環境偏好影響較大，這可能是因為魚體原本的環境偏好(不偏好白色區域)，可強化逆境經驗的效應，特別是白色區域代表著水體中較為光亮、上層之處，較易被略食者發現、補食，故在此種性質的環境中，需「重視」過去的逆境經驗，以增加生存機會。故魚體的記憶與學習，與身處的環境特性有關，具有複雜的交互作用。

### (二)、朱文錦之空間記憶與色彩辨識的能力

在進行實驗前，我們原先推測朱文錦在經過多次的逆境經驗後會有制約學習的效果(闖關時間逐漸減少)，但數據所呈現出的趨勢並沒有統計上的差異，可能我們給予的逆境刺激造成的是「頓悟學習」的效果，或是沒有學習的效果。

空間的差異對於朱文錦學習能力並沒有明顯的不同(洞口位置不影響闖關時間)，推測其受到刺激的時候，是快速的探索、搜尋整個環境，而不是對於某一區域(上方區域跟下方區域)有所偏好。

在每一次實驗當中，都會給予朱文錦一分鐘的時間熟悉環境，使牠在沒有



任何刺激作用下，知道關卡的位置並通過關卡，但若是關卡上沒有色彩的提示，其通過關卡的時間是較久的，而有色彩標示的關卡有助於朱文錦通過關卡，證明朱文錦具辨識色彩的能力，並影響其學習能力。

實驗中發現朱文錦通過綠色色彩標示的關卡的時間較紅色標示為短，顯示綠色對朱文錦的辨識與學習效果較佳，推測是因為紅色是自然界中普遍的警戒顏色，而綠色一般代表安全的水草區域，因此紅色色彩標示的關卡的效果反而較綠色差。

## 五、結論

- (一)、朱文錦具有環境偏好行為。相對於白色區域，魚體偏好土色區域。
- (二)、電擊與高滲透壓逆境經驗皆會改變魚體對環境的偏好，顯示朱文錦的行為受不同性質的逆境經驗調節，表現不同的行為特性。
- (三)、於白區的電擊經驗強化朱文錦的環境偏好行為，而於土區的電擊經驗並不會使其偏好行為消失。
- (四)、高滲透壓經驗會使魚體大部分環境偏好行為消失，且增加探索行為。
- (五)、無論何種性質之逆境經驗，於白區的逆境經驗對魚體的環境偏好影響較大(相對於土區的逆境經驗)。
- (六)、朱文錦具有色彩辨識的能力。
- (七)、色彩的提示有助於朱文錦的學習能力，而不同色彩的關卡標示，對朱文錦學習能力的影響有所差異。
- (八)、對於朱文錦的學習能力，綠色色彩標示的效果優於紅色色彩標示。

## 六、參考資料

- Brown, C. (2003) Habitat–predator association and avoidance in rainbowfish (*Melanotaenia* spp.). *Ecology of Freshwater Fish* 12: 118–126.
- Sapolsky, R. M. (2001)：為什麼斑馬不會得胃潰瘍？遠流出版社。
- Squire, L. R. and Kandel, E. R. (2001)：透視記憶。遠流出版社。
- Stenberg, M. and Persson, A. (2005) The effects of spatial food distribution and group size on foraging behaviour in a benthic fish. *Behavioural Processes* 70: 41–50.
- 林佩瑩(2001)：美洲蜚蠊在光熱刺激下的學習行為。旺宏科學獎第一屆。
- 唐僑志、李昱甫、劉希哲、廖奕翔(2005)：身首異處，記憶猶存！？第四十五屆中小學科學展覽會。
- 陳易呈、楊若苓、洪淑彬(2003)：四紋豆象對不同寄主的產卵偏好性與子帶存活率之關係。 *台灣昆蟲*，23：291-303。
- 蔡添順、杜銘章(2004)：赤尾青竹絲雌蛇成體溫度選擇之研究。 *師大生物學報*，39(2)：75-82。

## 評語

以朱文錦作為動物行為的研究的生物材料，相當有趣。但可惜的是，朱文錦的品質，及相關的研究資料較為缺乏，將來應用的侷限較大。不過該作品仍提供出有趣的實驗結果，可以再進一步探討。