

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

第三名

040722

水底變色龍

學校名稱： 國立新竹高級中學

作者： 高二 吳懿倫	指導老師： 許慶文 郭智琳
---------------	---------------------

關 鍵 詞：黑殼蝦、色素細胞、生物色

黑殼蝦的變色模式

色素細胞的型態

色素細胞的種類

色素細胞的結構

分層

色素細胞的空間分布

位置

色素細胞的相對運動

色素細胞的擴張

不同體色時各類
色素細胞的擴張
情形

變色系統的運作

物理變因的刺激

不同光度下

不同色光下

不同背景下

接受刺激的途徑

雙色光實驗

訊息傳輸途徑

除目實驗

變色結果

激素實驗

野外蝦色

電擊實驗

適應性之討論

各類色素細胞分區

各區總合

全身體色的呈現

和所處環境比對

壹、 摘要

黑殼蝦為了隱藏自己的蹤跡，藉由體表色素細胞的活動達到改變體色並融入環境的目的。本研究已大致歸納出黑殼蝦從接收訊息到色素細胞完成變色的完整模式，並就其所屬的環境加以討論。大致而言，黑殼蝦的變色可分成三個階段：第一步是刺激的接受，光是影響黑殼蝦變色十分重要的環境因子，藉由眼睛接受環境的刺激，第二步由接獲指令的激素系統放出訊息進行對色素細胞的控制，這便是訊息傳輸的部份，第三步則是體色的呈現，蝦子體表的色素細胞可分為紅黃、藍、黃、棕四種，藉由其不規則的排列及擴張與否的差異而改變體色，這整個過程使的蝦子的形體更容易融入環境之中，對其環境適應有相當大的助益。

貳、 研究動機

我對於學校水池中的各種生物一直很有興趣，有一次，在偶然的機會之下，我發現到同一池子裡的黑殼蝦竟然呈現出五彩繽紛的顏色。這不禁令我尋思：什麼原因造成這樣的現象？是什麼讓牠們改變體色？牠們自己又是如何控制的呢？這個問題令我想了好久，卻一直無法肯定，找了找資料後發現許多動物都有變色的能力，可是方法好像都不同。於是我便開始了這項研究。

參、 研究目的

1. 觀察黑殼蝦之色素細胞之結構、分佈及種類
2. 探討光度、色光、色相背景對黑殼蝦體色之影響
3. 探討黑殼蝦從接受刺激至完成體色改變之完整模式
4. 探討黑殼蝦的體色相對於所處環境的適應性

肆、 研究設備及器材

黑殼蝦	數隻	水缸 30*20	一個	塑膠盒	數個	日光燈或燈泡	一個
紙版（黑、黃、紅、藍）	數張	恆溫箱	一台	培養皿	數個	玻璃紙（黃、紅、藍）	數張
顯微攝影器	一台	計時器	一個	暗箱	一個	蓋玻片	數片
化學試劑		數位相機	一台	photoimpact8		滴管	數支

伍、 研究過程及方法

實驗紀錄方法：持續約 3~5 小時待其體色大致維持穩定之後，以顯微攝影器紀錄其單一色素細胞之伸縮情況，並比較全身各區域色素細胞群變色狀況的差異，紀錄全身體色表現。

研究一 色素細胞型態的觀察

實驗步驟：

- 1 觀察色素細胞在黑殼蝦體表的分佈情況，並據此將黑殼蝦體表的色素細胞分布區分成若干區域。
- 2 觀察比對色素細胞的種類還有各種色素細胞的相對位置和深淺。
- 3 觀察不同種類的色素細胞在擴張前、擴張中及擴張後的形狀及顏色差異。
- 4 觀察不同體色的黑殼蝦其色素細胞分佈及擴張情況的差異。

研究二 黑殼蝦體色對環境刺激下的反應

(1)不同光度下

實驗裝置：



實驗步驟：

- 1 取四個培養皿加水至適當高度，分別放入五隻黑殼蝦，於其下墊以白紙一同置入暗箱中。
- 2 其中三個培養皿位置分別距光源 0cm、60cm、120cm，另一個則放入暗盒中使其完全黑暗。
- 3 每隔三十分鐘觀察其體色，並待黑殼蝦體色穩定後紀錄其體色狀況。

(2)不同色光下

實驗裝置：



實驗步驟：

- 1 取四個培養皿將白紙墊於其下，加水至適當高度，各置入一隻黑殼蝦分別覆蓋以紅藍黃綠四種顏色之玻璃紙再用燈泡照之。
- 2 每隔十五分鐘取下玻璃紙以數位相機記錄其體色之改變，再將玻璃紙重新覆上。
- 3 重複步驟二，並以前述方法紀錄。

(3)不同色相背景下

實驗裝置：



實驗步驟：

- 1 將多隻黑殼蝦各放入塑膠盒中，水高適當，外部貼以不同顏色之紙板一同置於日光燈下。
- 2 每隔約十五分鐘取出黑殼蝦以數位相機記錄其體色之改變，再將紙版重新覆上。
- 3 重複步驟二，並以前述方法紀錄。

研究三 探討黑殼蝦變色之感應模式

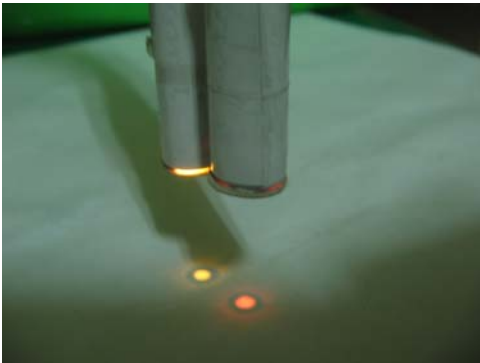
(1) 遮蔽眼睛的實驗

實驗步驟：

- 1 取培養皿將白紙墊於其下，加水至適當高度，取數隻黑殼蝦剪除其眼睛置入培養皿中，各分處不同色相背景再以燈泡照之。
- 2 以前述方法紀錄。

(2) 雙色光實驗

實驗裝置：



實驗步驟：

- 1 取培養皿將白紙墊於其下，加水至適當高度，再取一載玻片置以一 3*2(cm)棉花，加水使其潤濕後放一黑殼蝦於其上並用白線纏繞胸口及尾端加以固定，並以一厚紙版將蝦體前後隔開，最後將載玻片放入培養皿。
- 2 將二光源裝置各覆以紅、黃和藍色玻璃紙三擇二，聚焦光源分別照射黑殼蝦的眼睛及背部，並以前述方法紀錄。
- 3 色光互換，重複步驟二。

(3) 激素實驗

實驗步驟：

- 1 取放一黑殼蝦於其上並用白線纏繞胸口及尾端加以固定，最後將載玻片放入培養皿。
- 2 將培養皿置於解剖顯微鏡下，依序滴以 1%、2.5%、5%、7.5%、10%、12.5%、15%、17.5%、20% 各種濃度的腎上腺素，觀察其體表色素細胞的擴張情形。

(4) 電擊實驗

實驗步驟：

- 1 取培養皿將白紙墊於其下，再取一載玻片置以一 3*2(cm) 棉花，加水使其潤濕後放一黑殼蝦於其上並用白線纏繞胸口及尾端加以固定，最後將載玻片放入培養皿。
- 2 取一電源供應器，並連接上可變電阻及毫安培計，由此控制電流大小，二電線之另一端分接於蝦子之腹部，觀察其體表色素細胞的擴張情形。

研究四 探討黑殼蝦之適應性

(1) 保護色探討

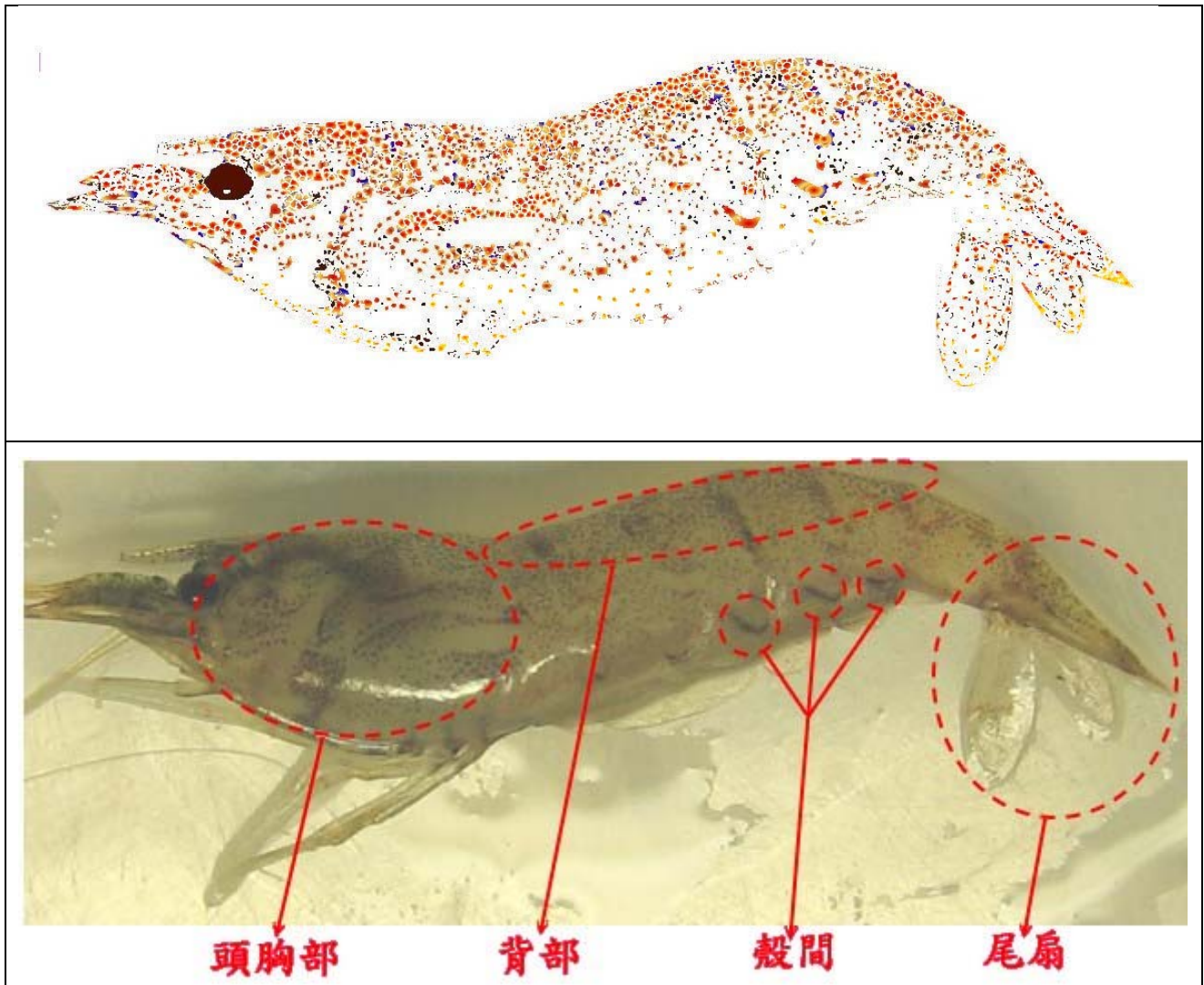
實驗步驟：

- 1 取黑殼蝦模擬環境之圖片一張，將各種模擬條紋(直紋、橫紋、方格、無紋及實際條紋)之黑殼蝦圖形貼附於圖片上。
- 2 取黑殼蝦模擬環境之圖片一張，將各種模擬體色(紅色、黃色、藍色、綠色及黑色)之黑殼蝦圖形貼附於圖片上。
- 3 判斷不同體色及斑紋的黑殼蝦圖形融入背景的程度。

陸、 實驗結果及圖表

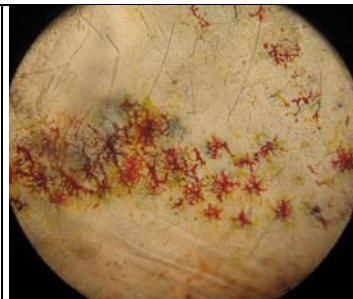
實驗一 色素細胞型態的觀察

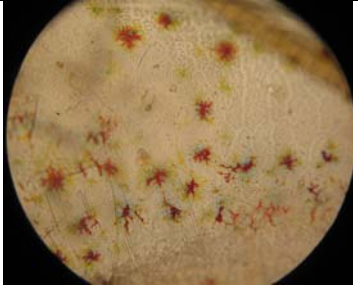
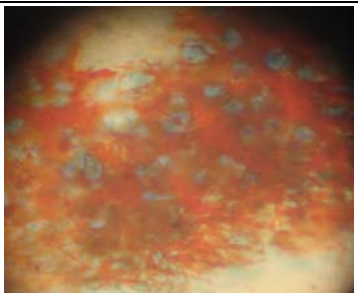
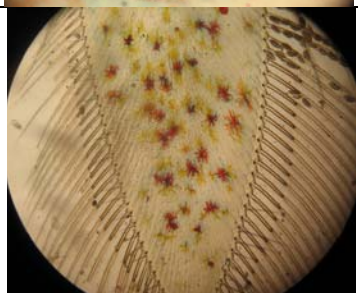
(1)全身色素細胞分佈圖



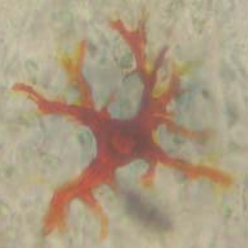
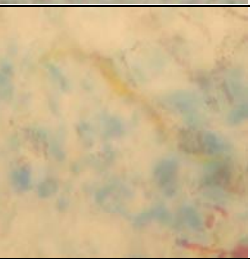
(2)各區色素細胞的分佈差異

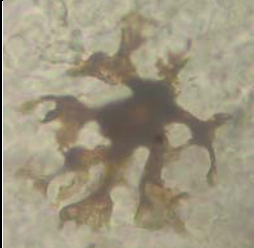
1. 頭胸部: 為內臟集中區，不透明，色素細胞呈現明顯的區塊分佈，棕色細胞在此則具有反白的效果藉以打破輪廓。



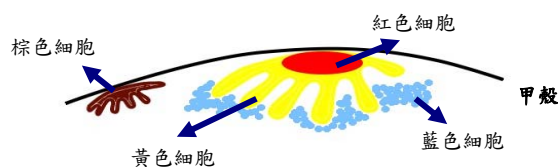
2. 背部:色素細胞點狀分佈由背側至腹側密度逐漸降低，頂端於體色深時會形成一條金黃色的縱帶，中間則有一條由頭胸部沿續而來的無色帶。	
3. 殼間:為色素細胞最集中的高密度區，彼此交織有別於其他部位的點狀分部，此區也是對於環境變化最快且反應最明顯的一區。	
4. 尾扇:此部位僅由甲殼和皮層所組成，上部的細胞分佈密度普通但在下側的邊緣則和上部分開運作，可擴張至極致的程度，上部深時淺，上部淺時深，也可和上部一致。	

(2)四種色素細胞

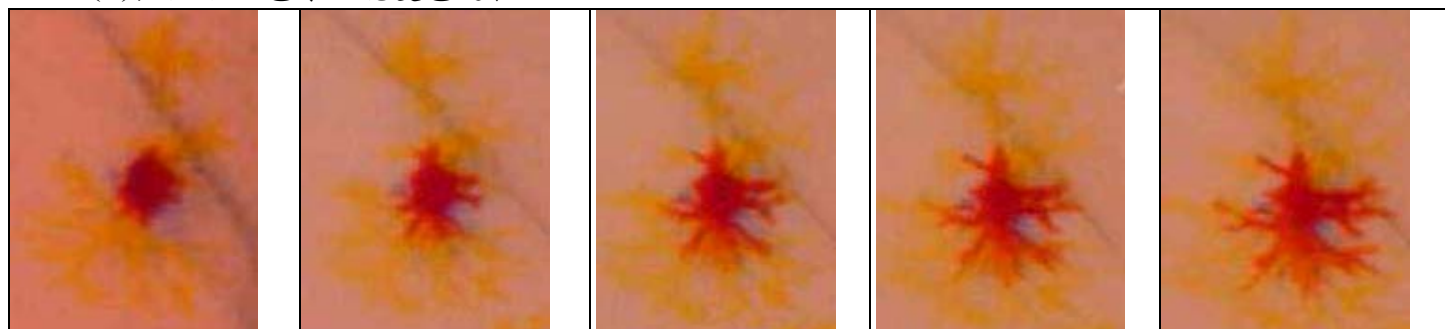
紅 黃 色 細 胞		於體表甲殼下方的最上層，收縮時紅黃二色色素子會分開集中，紅色位於黃色上方。擴張時由黃色先行伸展，紅色素子再沿其軌跡伸展並混和。
藍 色 細 胞		位於甲殼下最深處，多與黃色素細胞同時存在，其擴張成許多霧狀小顆粒散開，於所處環境光線較弱時擴張明顯，收縮時則隱沒在黃色或紅黃色素細胞之下。
黃 色 細 胞		多和紅色素子為同一個細胞，但也偶有單獨的黃色素細胞位於紅色之下，藍色之上最常見擴散的一種分佈於體表全區。

棕色細胞		數量較少且全為獨自分佈，於體色明暗有一定的影響。深淺變化大，頭胸部的棕色細胞於暗底下成淡棕色，補足其他色素細胞的不足。
------	---	---

各類色素細胞於甲殼下的相對位置。



(3)黑殼蝦紅色素細胞變色過程



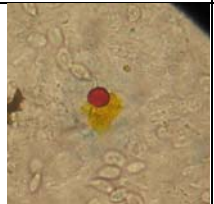
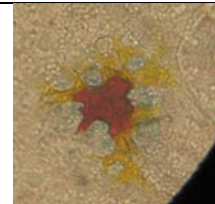
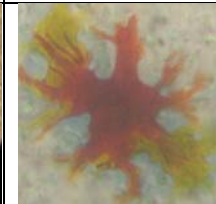
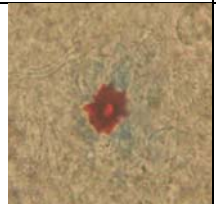
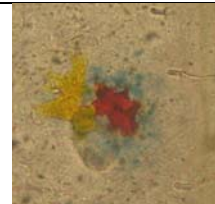
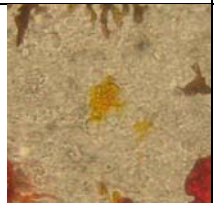
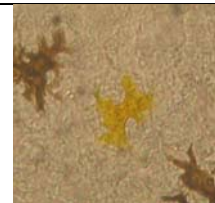
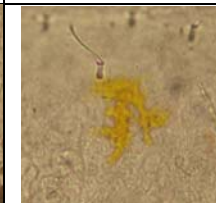
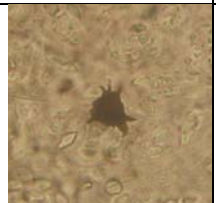
黑殼蝦的色素細胞於平常聚縮成一團高濃色素塊，在適當的環境下細胞會沿著皮層細胞的空隙成樹枝狀伸展，其內的色素子就跟著分散且密度變低，藍色素細胞則呈霧狀散開完成體色之改變。

(4)黑殼蝦色素細胞的運作狀況

收縮：色素子集中

半擴張：擴張面積在收縮狀況的四倍以內

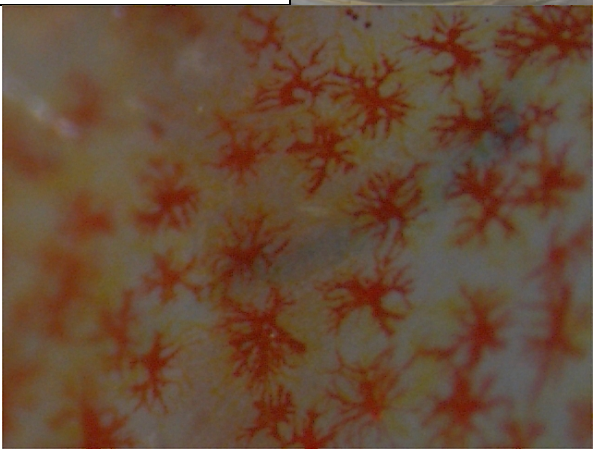
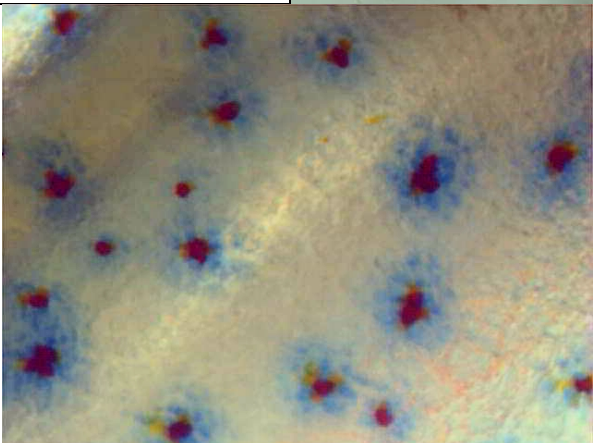
擴張：擴張面積在收縮狀況的四倍以上

紅黃色素細胞			藍色細胞(紅黃色細胞下)		
收縮	擴張中	擴張	收縮	擴張中	擴張
					
黃色細胞			棕色細胞		
收縮	擴張中	擴張	收縮	擴張中	擴張
					

(5)黑殼蝦在野外的體色

	水域較淺處體色偏紅的黑殼蝦。		抱卵的母蝦(左)通常有較深的體色。
	稍深處的紅褐條紋黑殼蝦。		水域較淺處體色黃綠的黑殼蝦。
	稍深處的藍條紋黑殼蝦。		稍深處體色偏藍的黑殼蝦。
			
野外的黑殼蝦體色極為多樣，體色也比實驗樣本的蝦子呈現的明顯的多，通常水淺處的黑殼蝦體色稍淺，所處區塊不同處的蝦也有著不同的紋路。水草區的黑殼蝦殼間色素細胞擴張顯著形成深色斑紋，而底石上的全身體色較一致，隨著黑殼蝦的移動身上的體色也會有所改變，抱卵的母蝦體色常為深藍、深紅、深褐等非常暗色系。			

(6)不同體色下的色素細胞相對運動

紅色體色：紅黃色素細胞擴張。		黃色體色：黃色素細胞擴張，少量棕色擴張。	
			
藍色體色：藍色素細胞擴張。		黑色體色：所有色素細胞擴張。	
			

實驗二 黑殼蝦體色對環境刺激下的反應

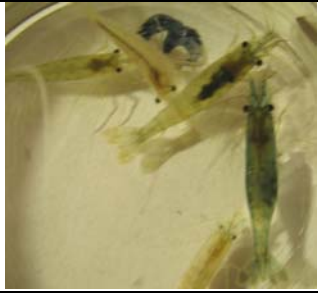
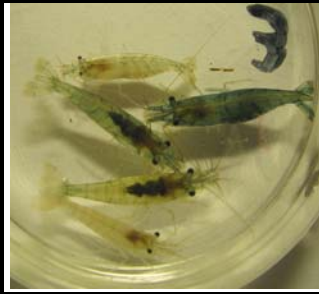
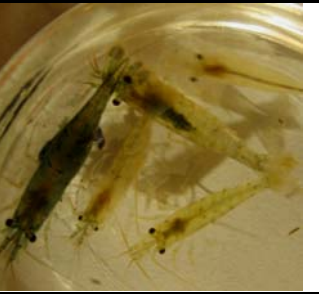
(1)不同光度下的實驗

1. 0cm：受到光的刺激十分明顯，體色大多有逐漸變淡的趨勢，有少數無可看出之變化

2. 60cm：光照刺激中等，體色淺的轉深，深的變淺，似乎有逐漸統一的可能性。

3. 120cm：受到光的刺激較低，體色大多有逐漸轉深的狀況，有少數無可看出之變化。

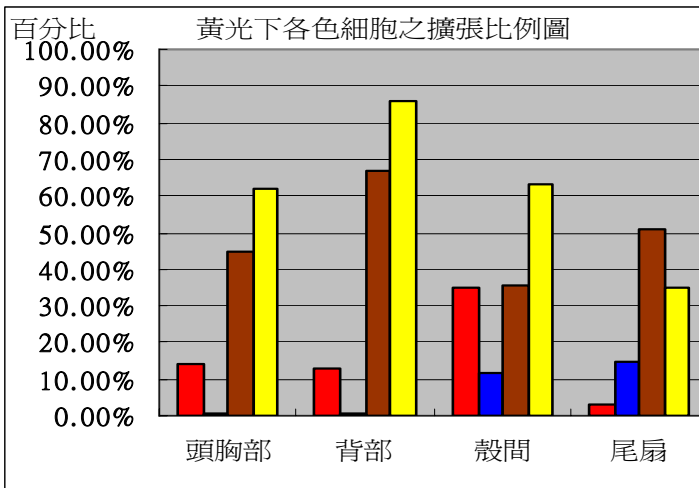
4. 全黑暗：雖然光照最少但體色多無改變，顯示蝦子即使會因為光強度的多寡而改變其體色。

	0hr	1hr	2hr	4hr
0cm				
60cm				
120cm				
全黑暗				

(2)不同色光下的實驗(此實驗以各樣本可達到之最大擴張數為基準)

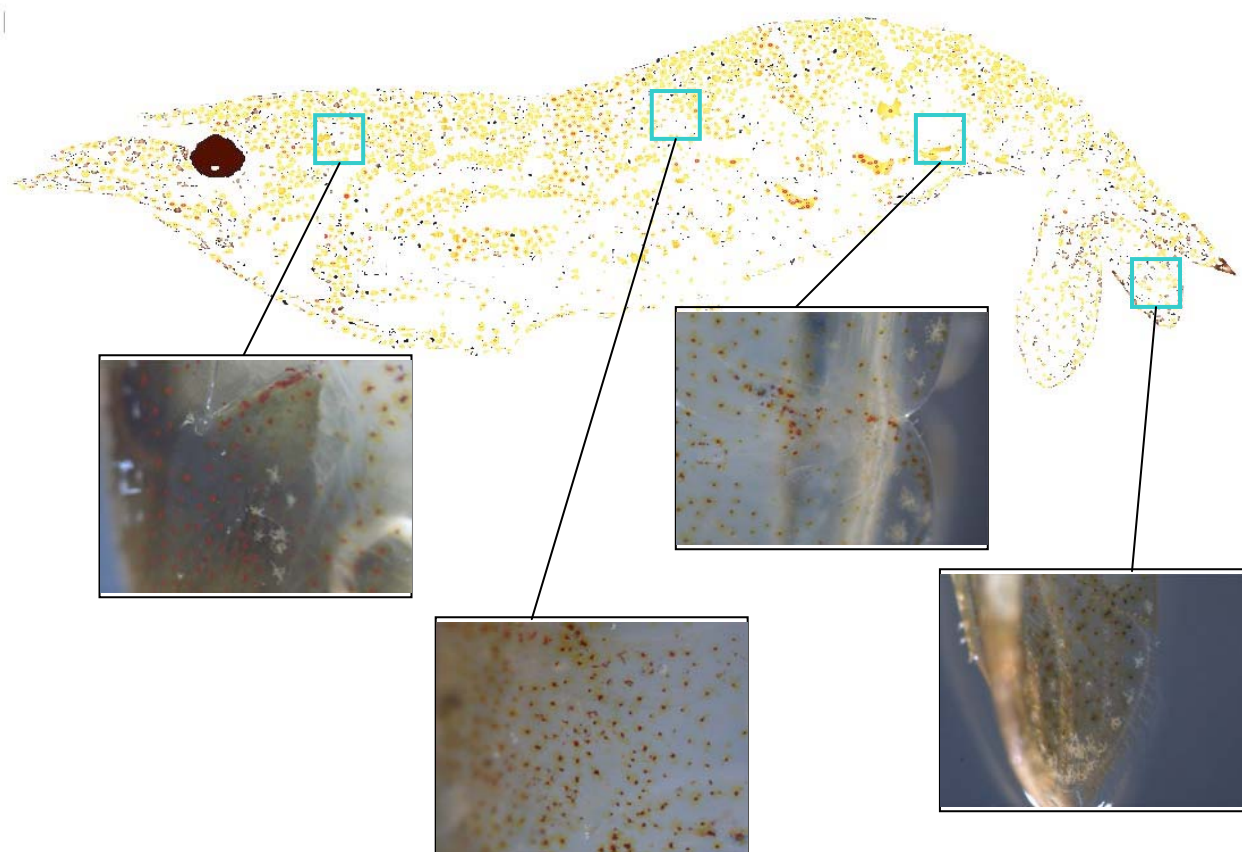
1. 黃色光

其中只有黃色、紅黃雙色中的黃色和淡棕色細胞擴張，全身大抵是如此。紅色擴張不明顯，藍色細胞更是極少數。



各小區域色素細胞擴張數

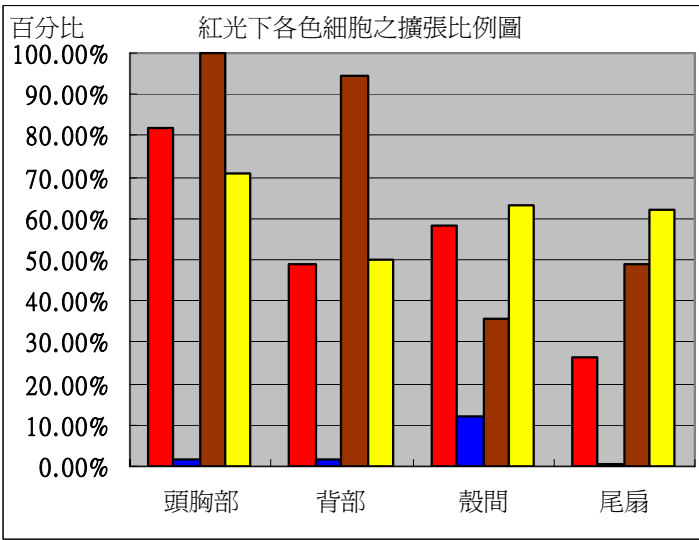
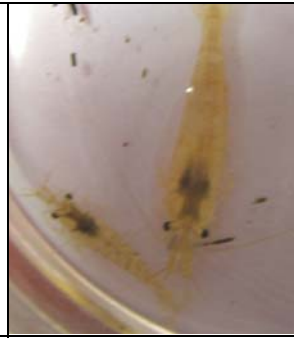
	頭胸部	背部	殼間	尾扇
Red	22/154	32/251	15/43	2/64
Blue	1/183	2/224	5/42	18/124
Brown	17/38	12/18	5/14	23/45
Yellow	113/182	207/241	29/46	72/207



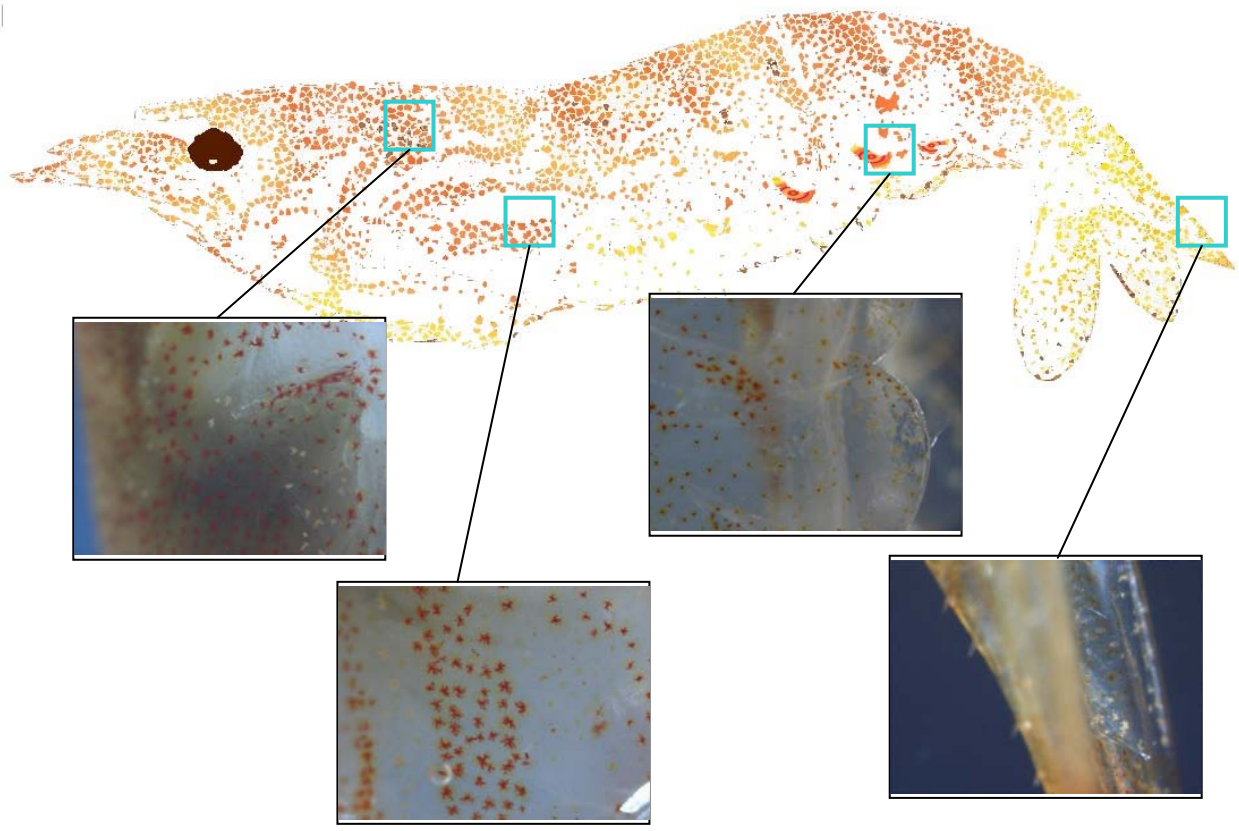
2. 紅色光

肉眼可看出與黃色光下的樣本體色差別不算是很大，但微觀而言可看出其紅色素細胞擴張的幅度大的多，只以腹側和尾端較不是如此明顯。

- 紅色細胞
- 藍色細胞
- 棕色細胞
- 黃色細胞



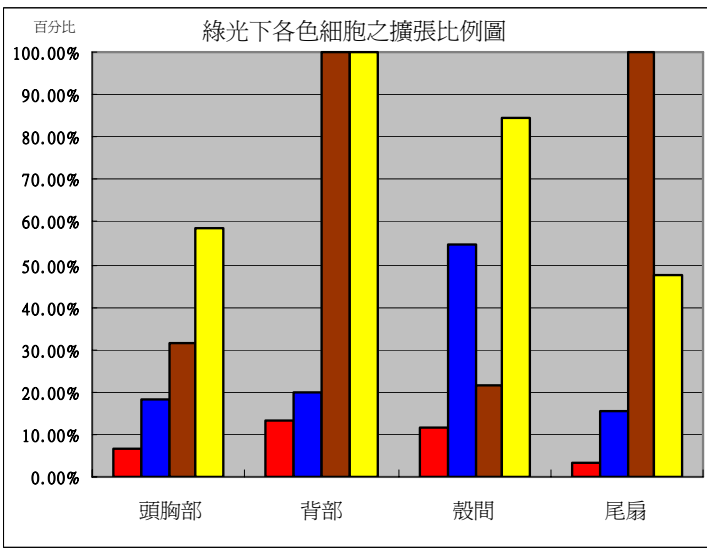
各小區域色素細胞擴張數				
	頭胸部	背部	殼間	尾扇
Red	126/1534	123/251	25/43	17/64
Blue	/18383	4/224	5/42	1/124
Brown	/12938	17/18	5/14	22/45
Yellow	/182	120/241	29/46	128/207



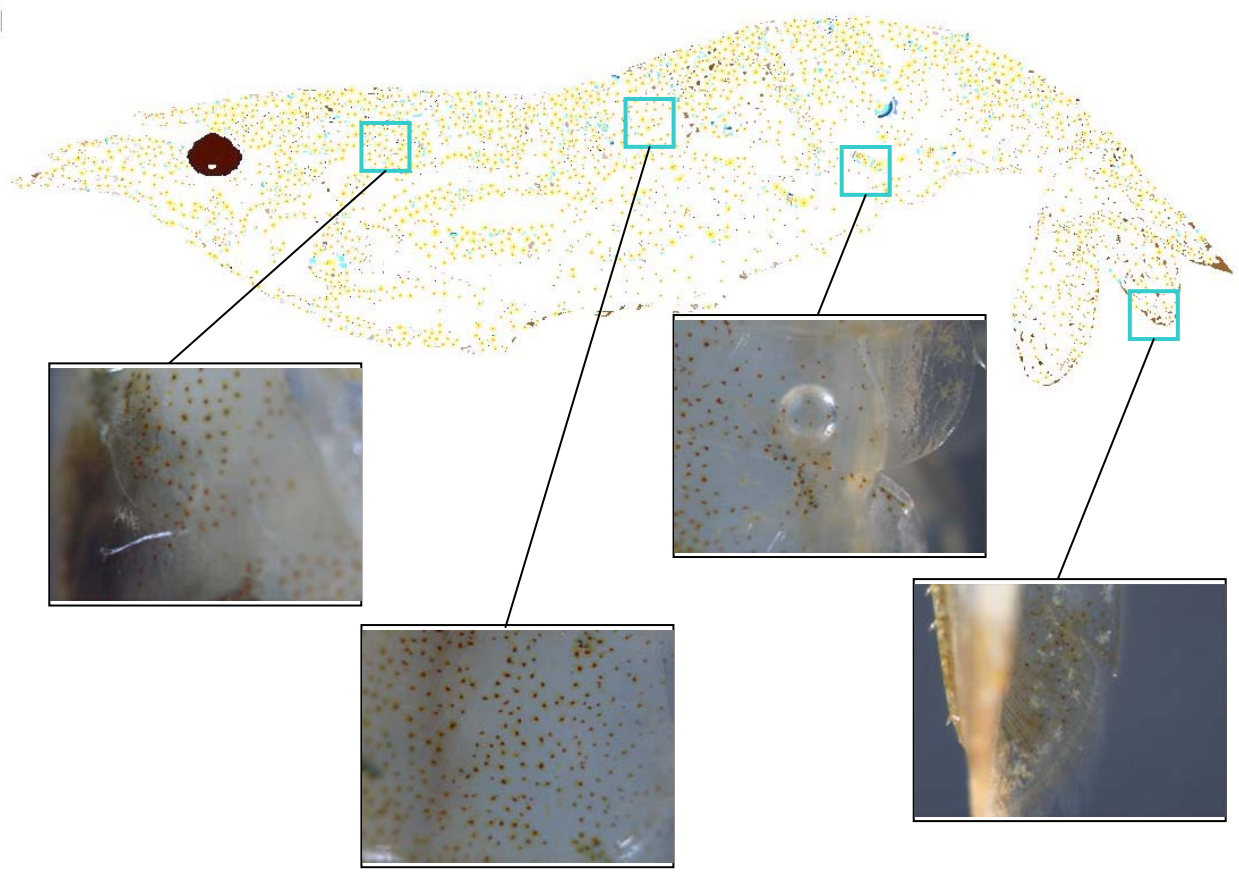
3. 綠光下

因為黑殼蝦並無單一為綠色之色素細胞，多數的色素細胞擴張情形亦和黃色光下差異不大，卻可見到擴張的藍色細胞增加許多，紅色細胞則減少，以殼間的部分最為明顯

- 紅色細胞
- 藍色細胞
- 棕色細胞
- 黃色細胞

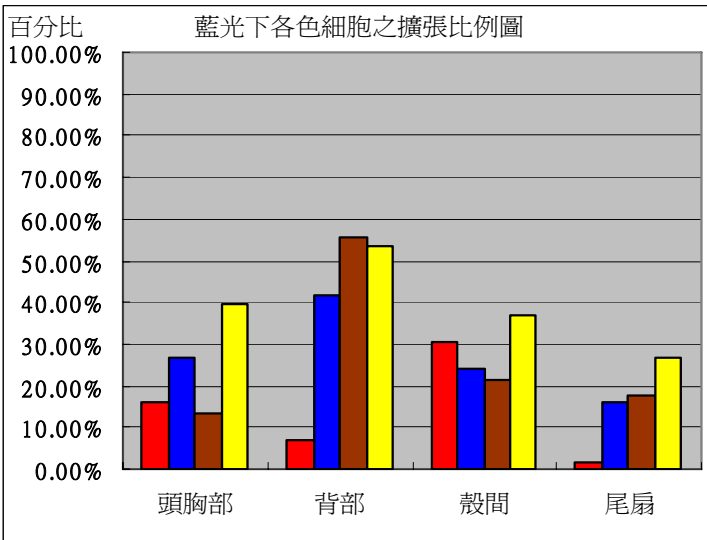
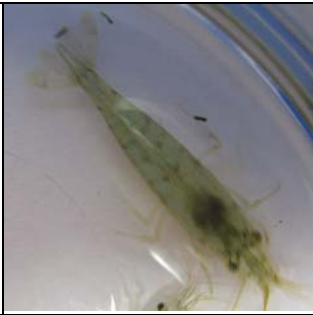


各小區域色素細胞擴張數				
	頭胸部	背部	殼間	尾扇
Red	10/154	33/251	5/43	2/64
Blue	33/183	45/224	23/42	19/124
Brown	12/38	18/18	3/14	45/45
Yellow	107/182	241/241	39/46	98/207

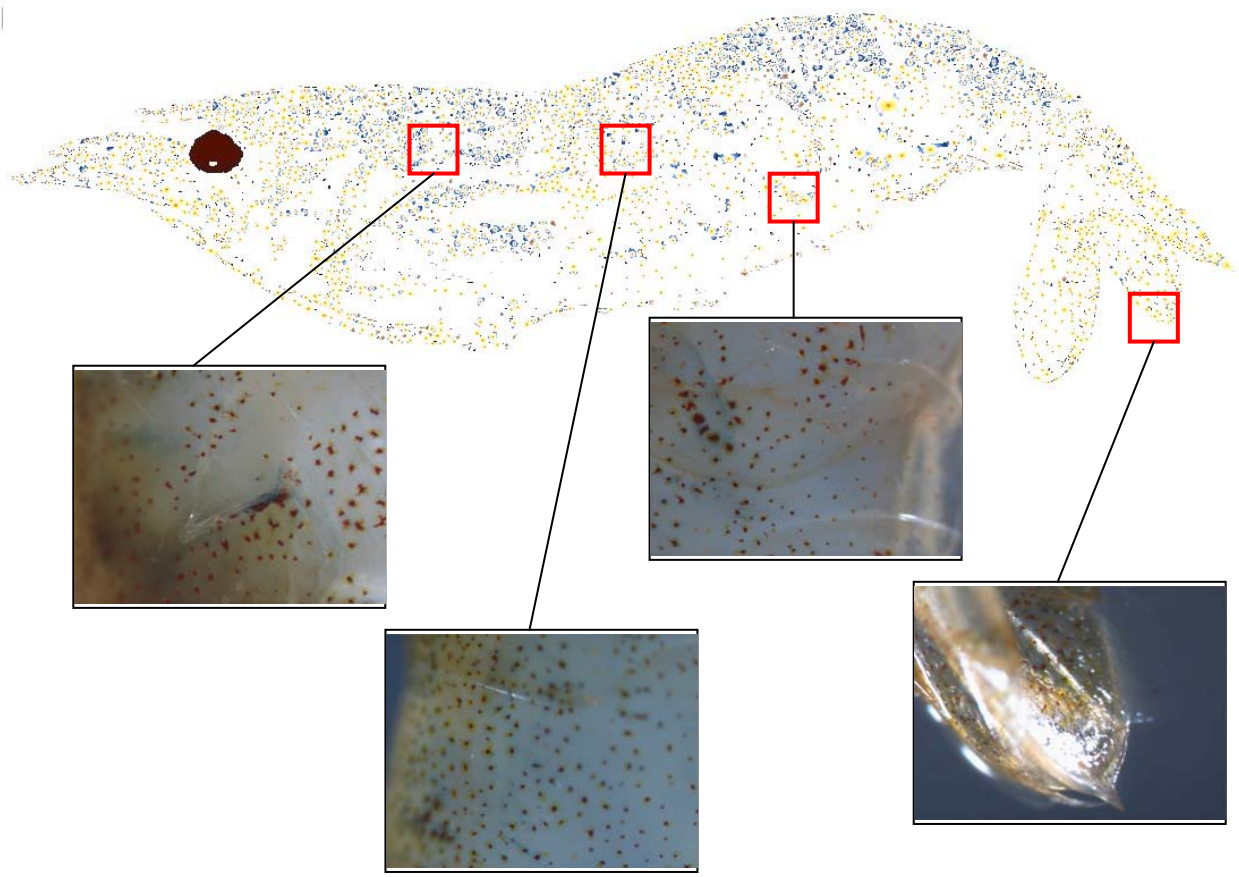


4. 藍光下

這個樣本的黃色和紅色細胞擴張比率大幅下降，藍色細胞擴張較多，但數量不足，使身體只呈現淡藍色。



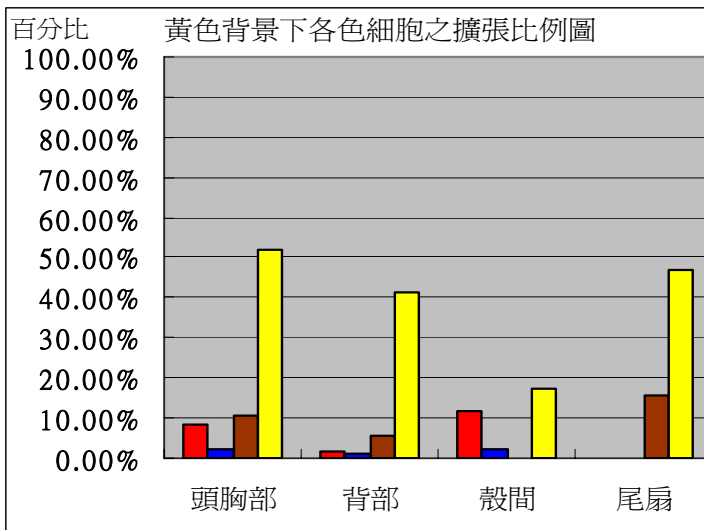
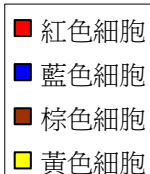
各小區域色素細胞擴張數				
	頭胸部	背部	殼間	尾扇
Red	25/154	18/251	13/43	1/64
Blue	49/183	94/224	10/42	20/124
Brown	5/38	10/18	3/14	8/45
Yellow	72/182	129/241	17/46	55/207



(3)不同色相背景下的實驗

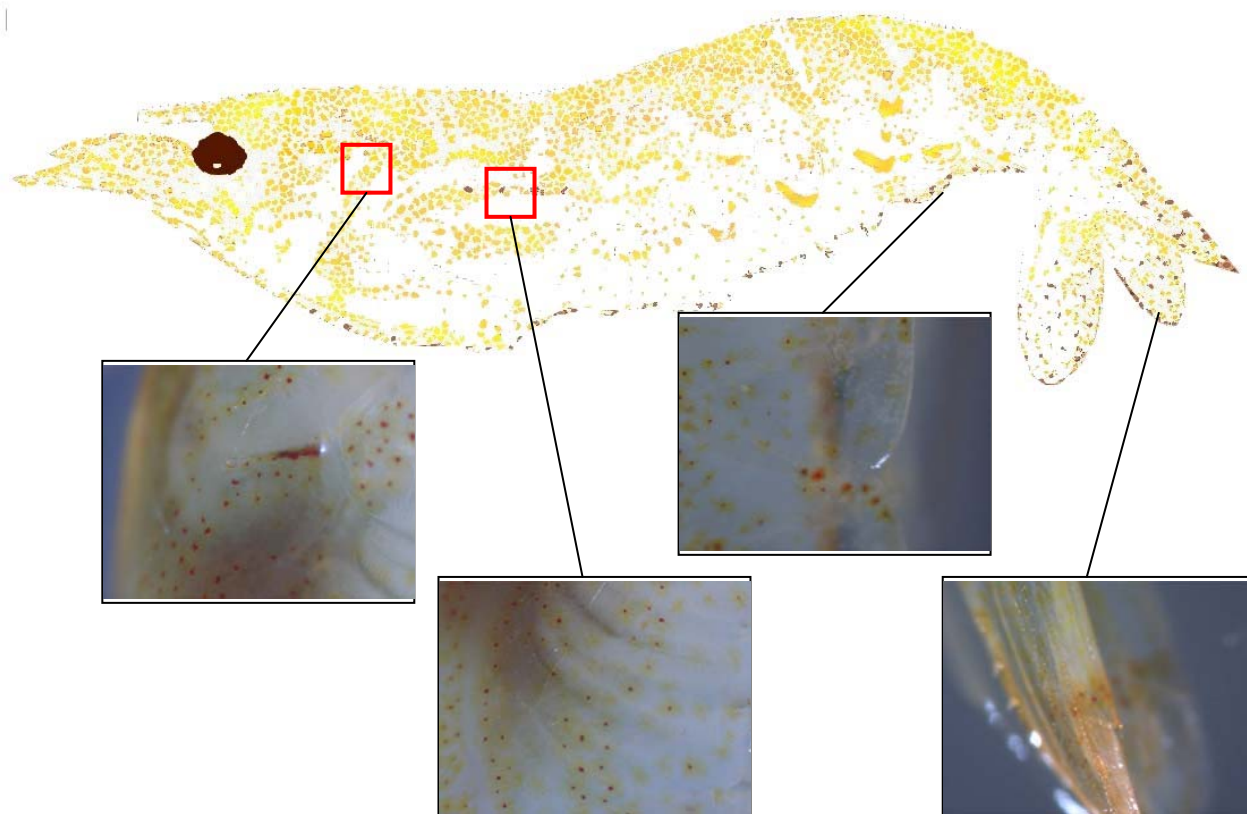
1. 黃色背景

和黃色光的差別在於紅色素的擴張更少，多數為純黃色細胞。



各小區域色素細胞擴張數

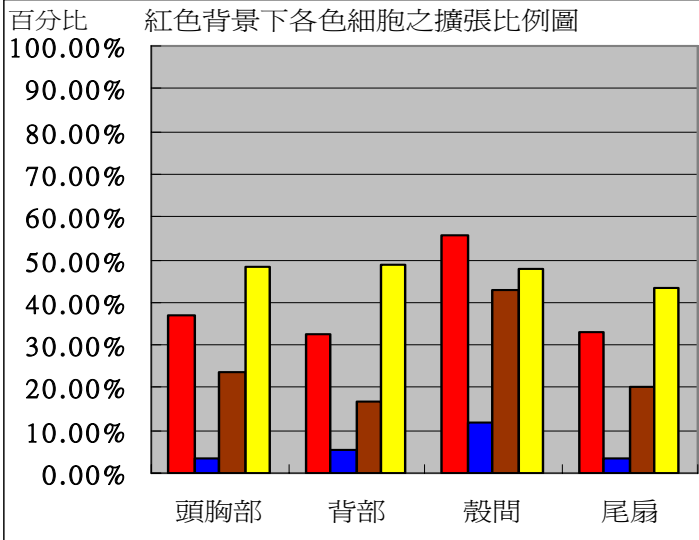
	頭胸部	背部	殼間	尾扇
Red	13/154	4/251	5/43	0/64
Blue	4/183	2/224	1/42	0/124
Brown	4/38	1/18	0/14	7/45
Yellow	95/182	99/241	8/46	97/207



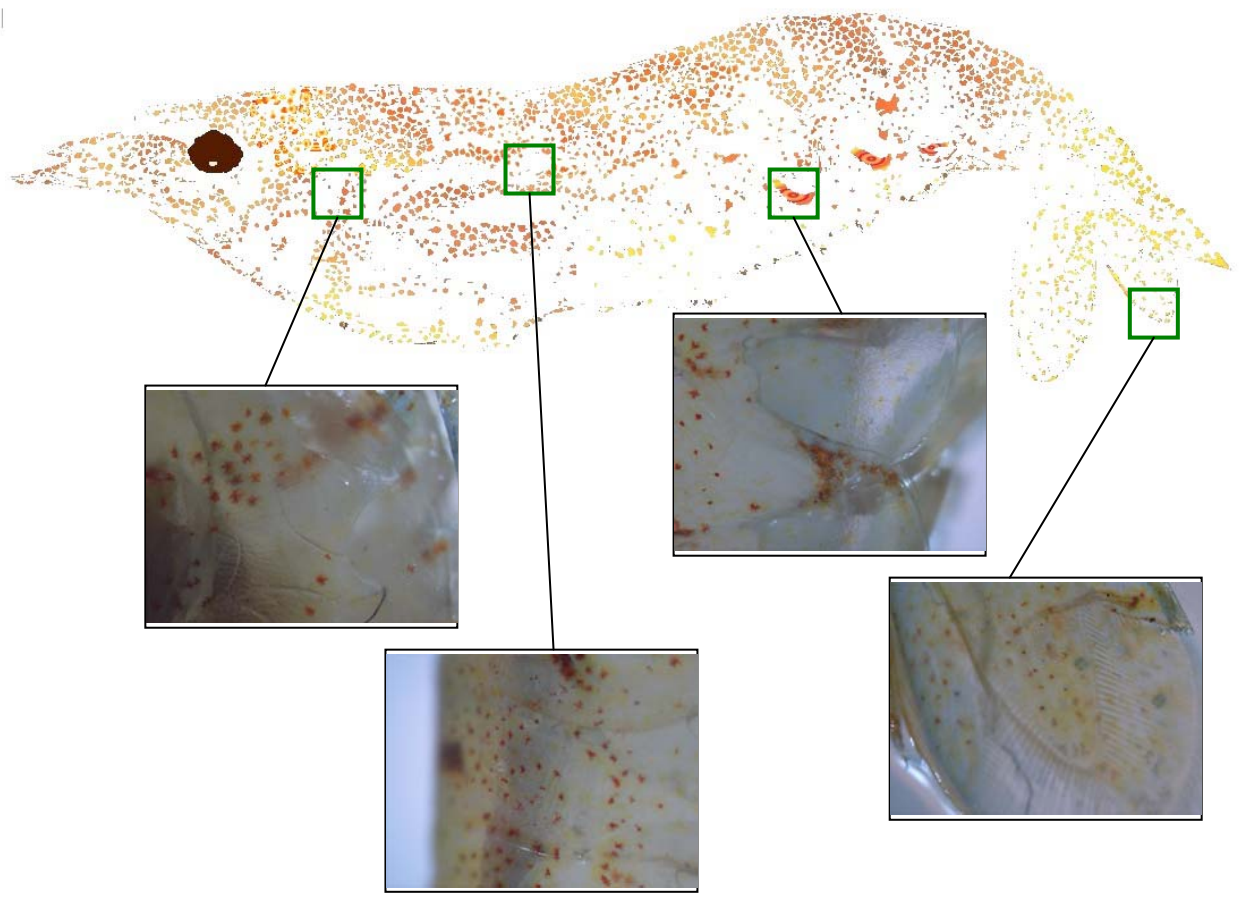
2. 紅色背景

全身大多的紅色細胞呈現擴張但況擴張程度並不很高其中以殼間部位變色最明顯。

- 紅色細胞
- 藍色細胞
- 棕色細胞
- 黃色細胞



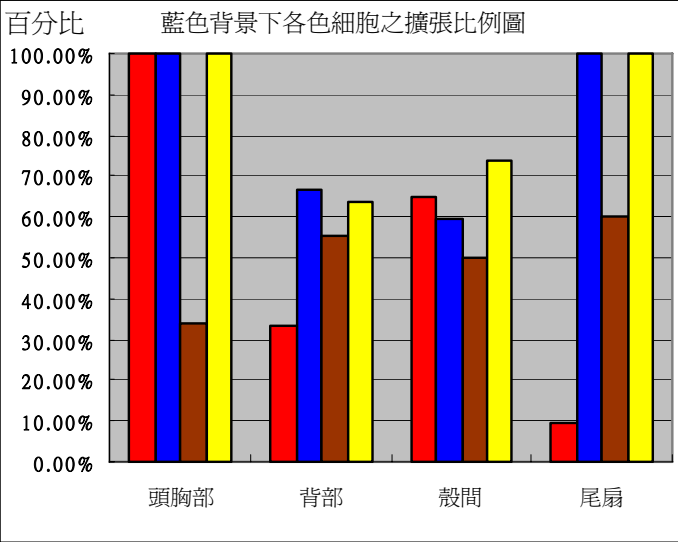
各小區域色素細胞擴張數				
	頭胸部	背部	殼間	尾扇
Red	57/154	81/251	24/43	21/64
Blue	6/183	12/224	5/42	4/124
Brown	9/38	3/18	6/14	9/45
Yellow	88/182	118/241	22/46	90/207



3. 藍色背景

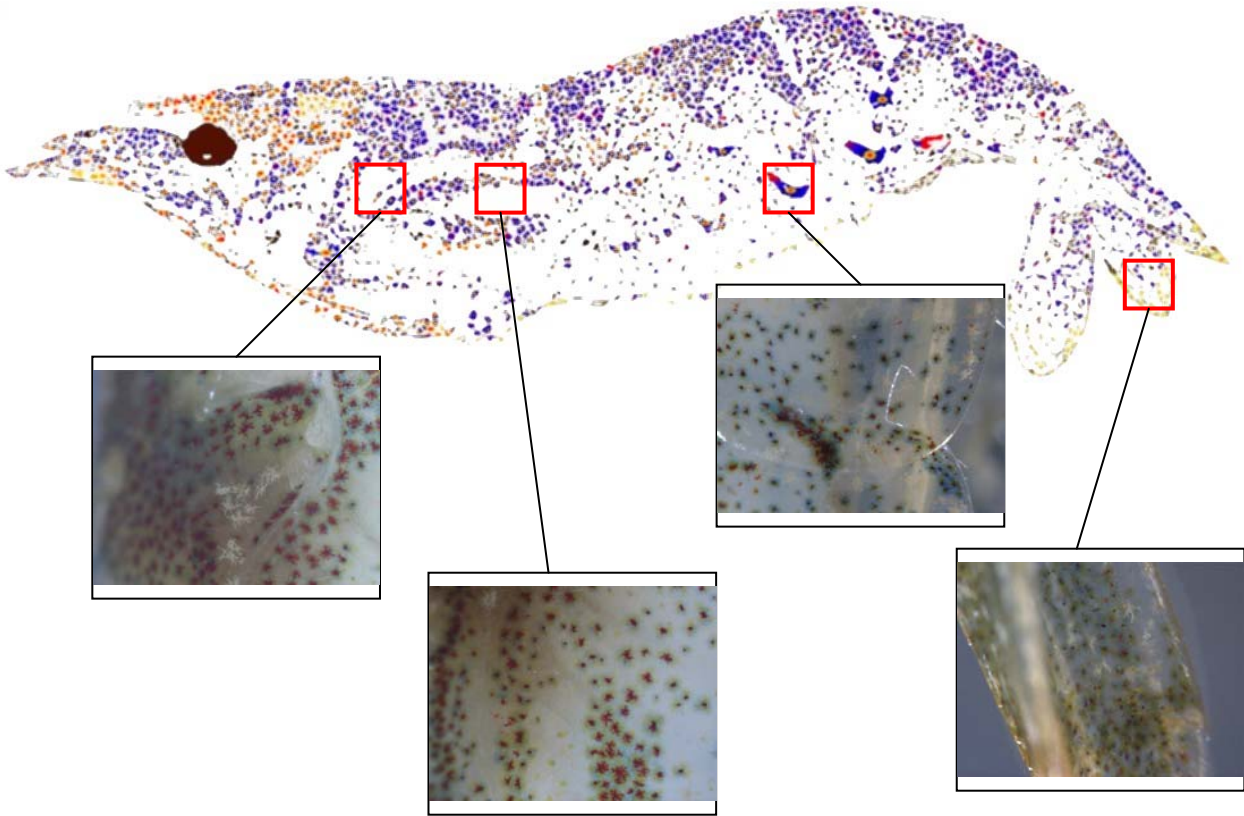
由圖可見三類的色素細胞擴張皆十分明顯，惟較接近腹側的甲殼，最顯著的只有藍色細胞，整體為明顯的藍色。顯示藍色細胞在光強度弱時有較明顯的擴張。

- 紅色細胞
- 藍色細胞
- 棕色細胞
- 黃色細胞



各小區域色素細胞擴張數

	頭胸部	背部	殼間	尾扇
Red	154/154	83/251	28/43	6/64
Blue	183/183	150/224	25/42	124/124
Brown	13/38	10/18	7/14	27/45
Yellow	182/182	153/241	34/46	207/207

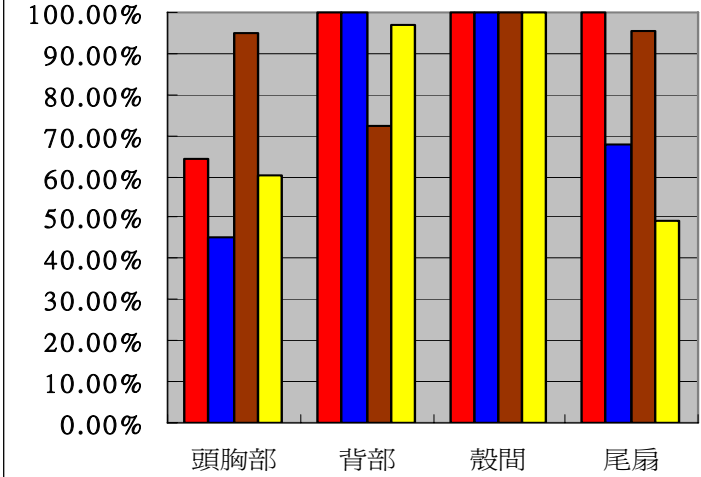


4.黑色背景

細胞大量擴張使整體呈現較深之體色。有的偏藍，有的偏棕，較多樣。

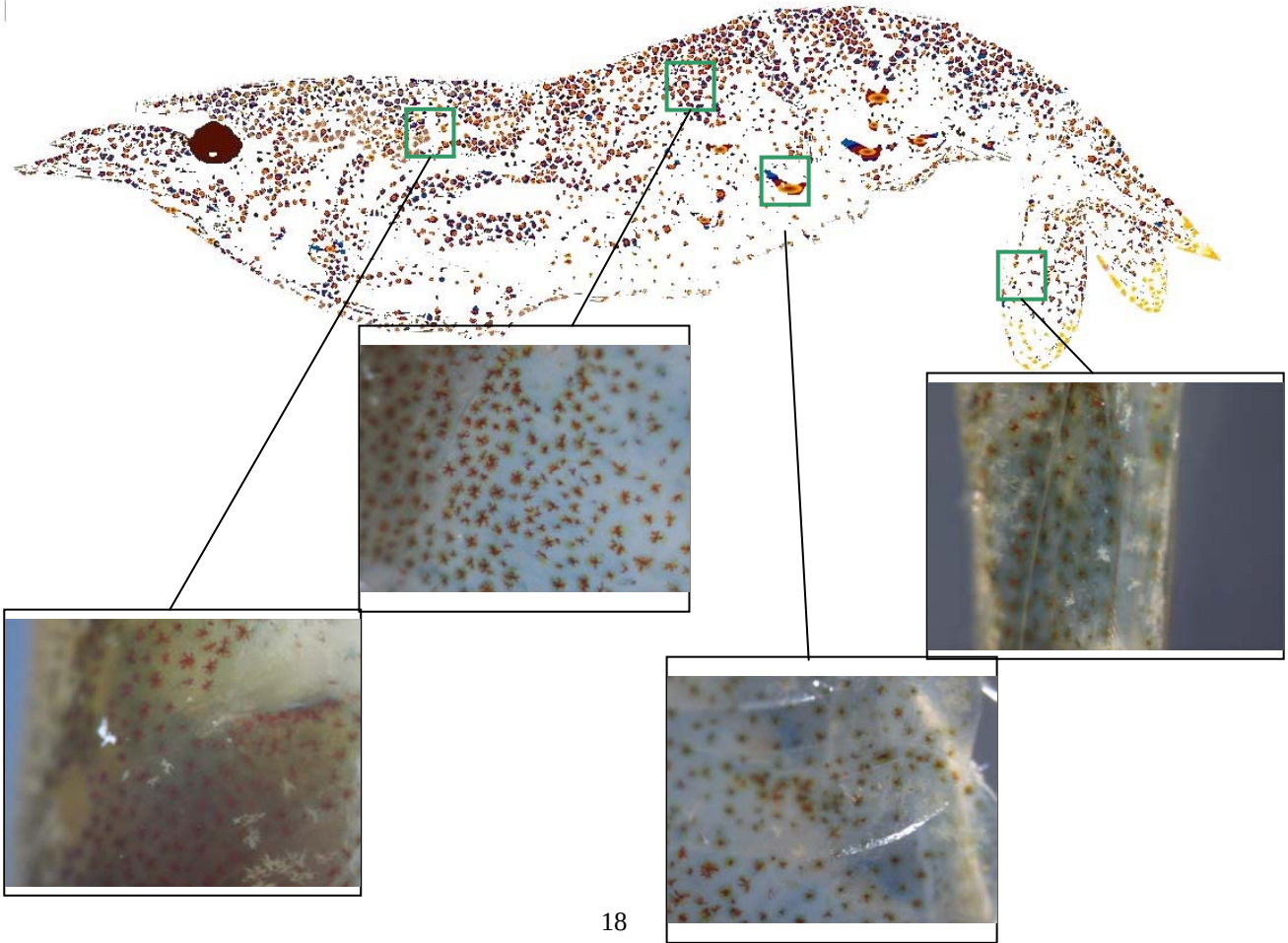


百分比 黑色背景下各色細胞之擴張比例圖



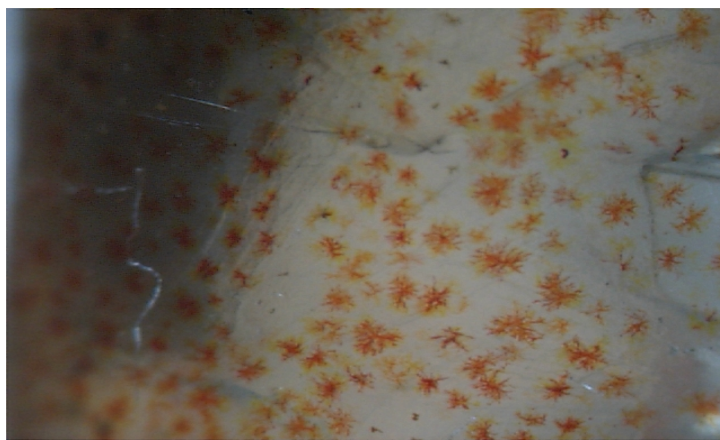
各小區域色素細胞擴張數

	頭胸部	背部	殼間	尾扇
Red	99/154	251/251	43/43	64/64
Blue	83/183	224/224	42/42	84/124
Brown	36/38	13/18	14/14	43/45
Yellow	110/182	234/241	46/46	102/207



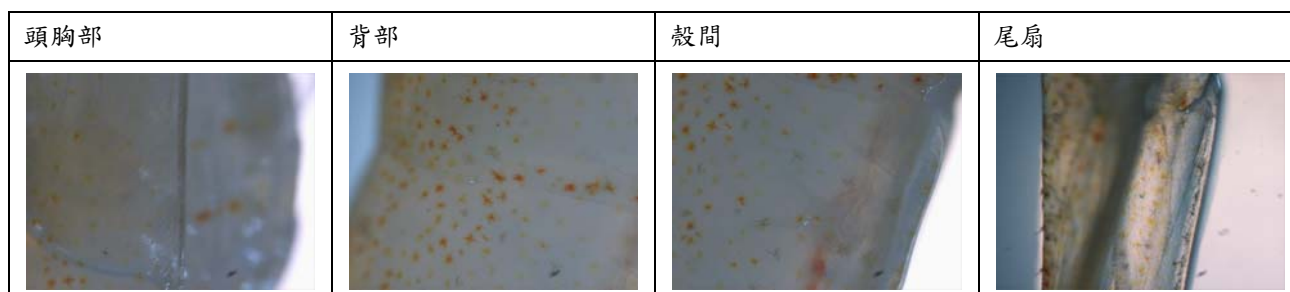
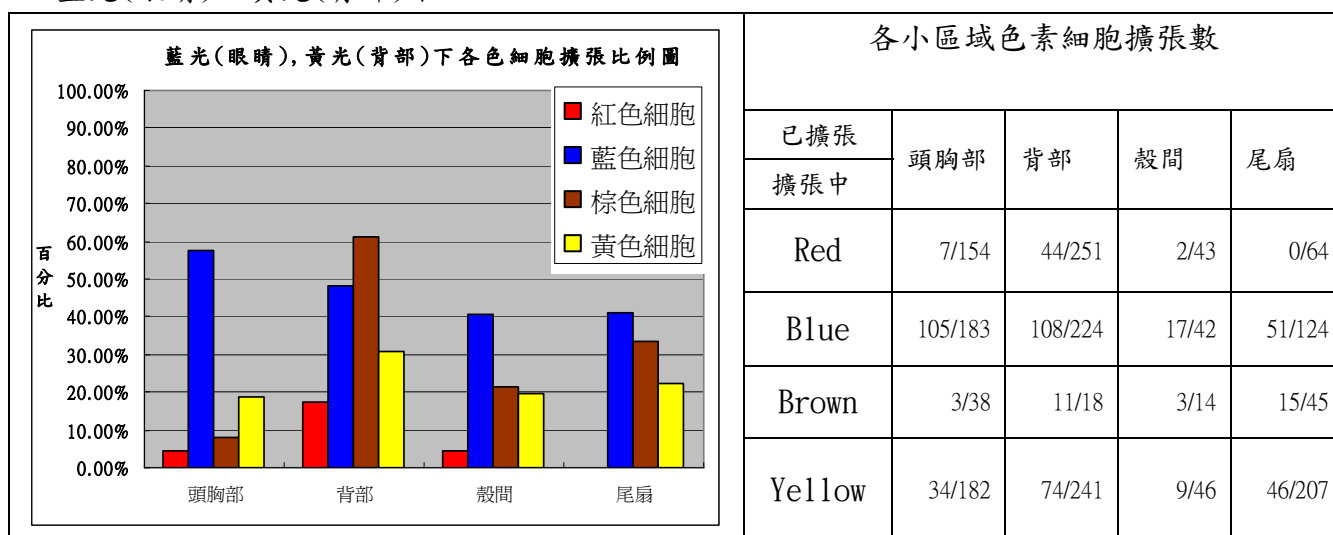
實驗三 探討黑殼蝦變色之感應模式

(1) 遮蔽眼睛的實驗

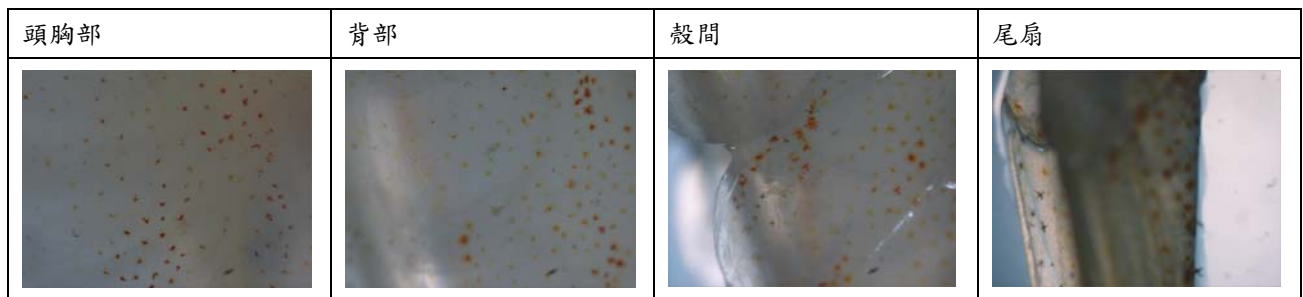
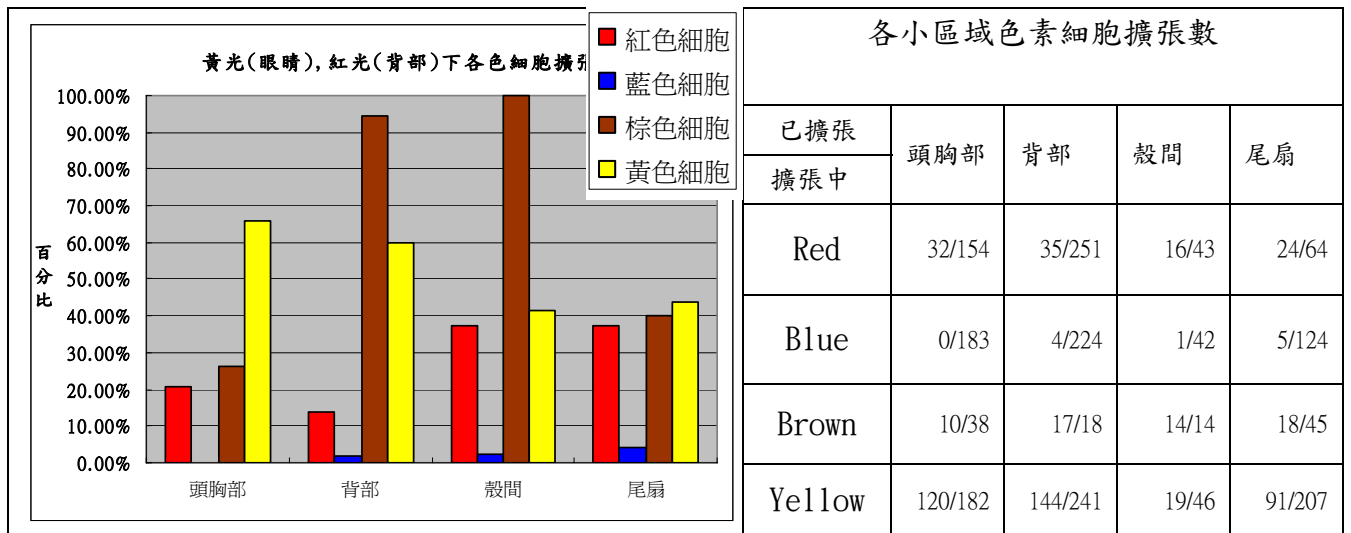
由於黑殼蝦的體型小，難以達到原本預期的遮蔽方式而改用直接剪除。無論處於何種環境下，除去眼睛的黑殼蝦身上的紅黃色素細胞皆極度擴張而全身通紅，其個體較快死亡。因此為了避免對黑殼蝦造成傷害，而改用以下的雙色光實驗。		
---	---	--

(2) 雙色光實驗(此處的黃色細胞只統計單獨成色的黃細胞)

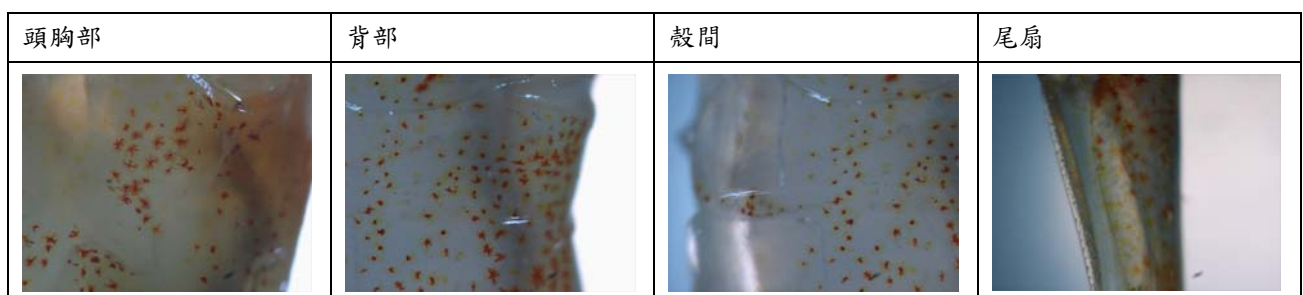
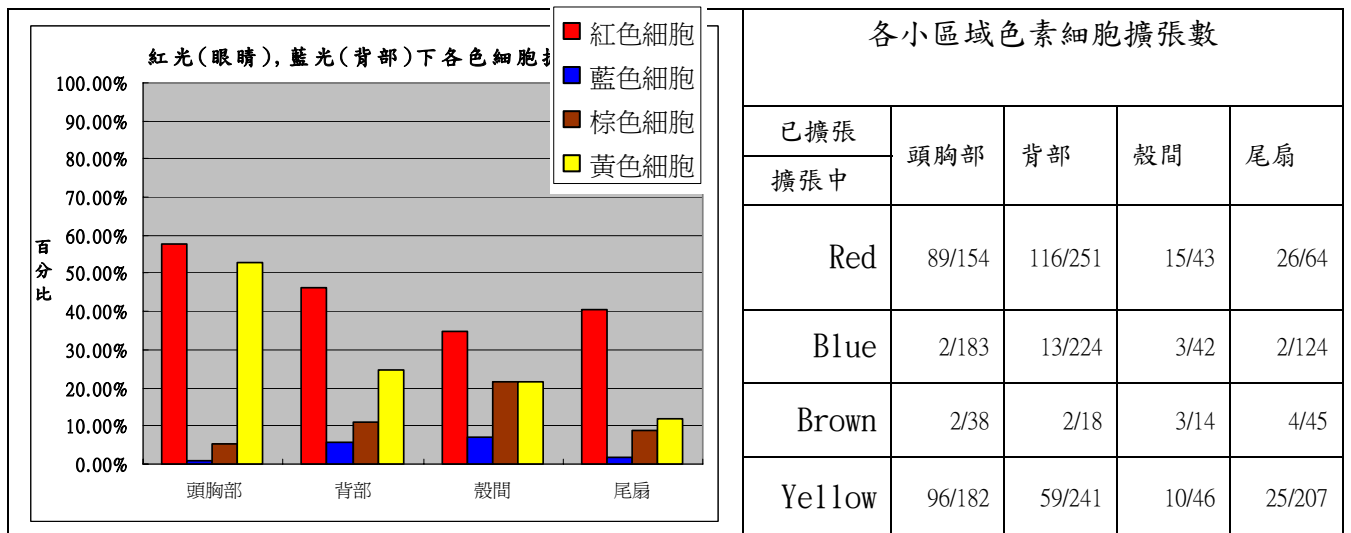
1. 藍光(眼睛)，黃光(背部)下



2. 黃光(眼睛)，紅光(背部)下

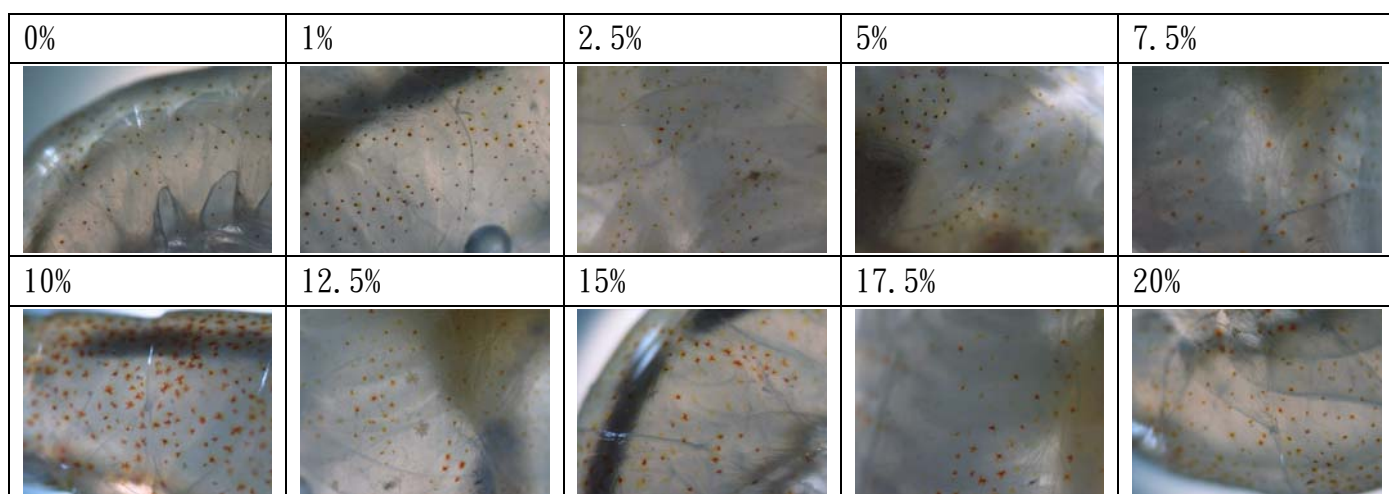
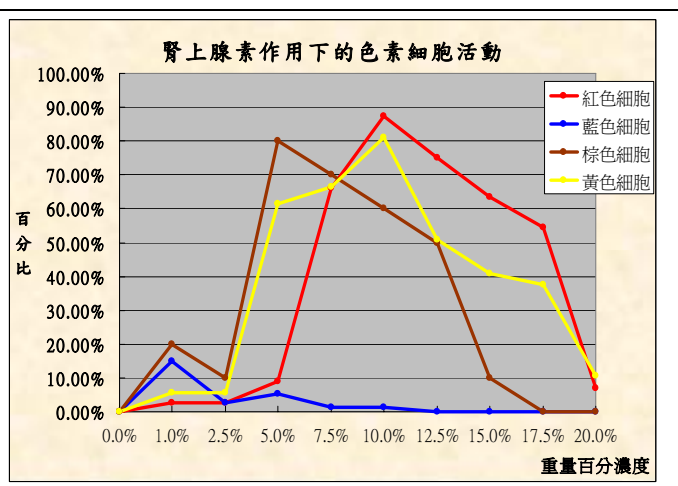


3. 紅光(眼睛)，藍光(背部)下



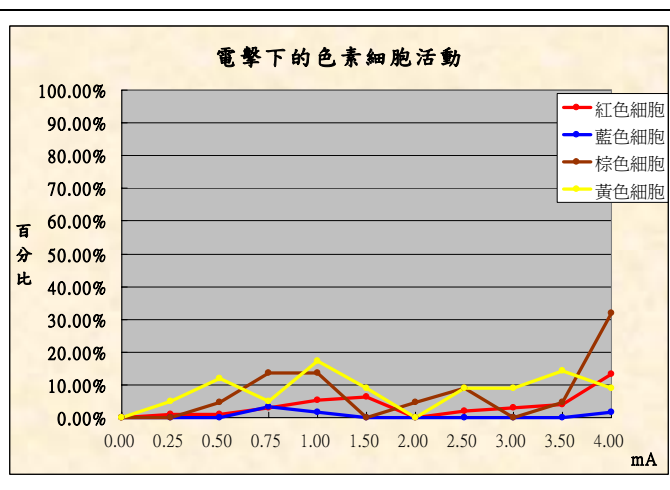
(3) 激素實驗(背部色素細胞為主，紅細胞總數:112 藍細胞總數:73 棕細胞總數:10 黃細胞總數:122)

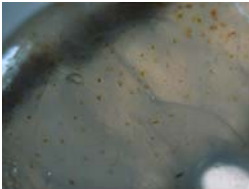
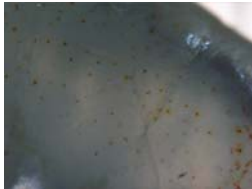
腎上腺素濃度 擴張數	0	1	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20
Red	0	3	3	10	74	98	84	71	61	8
Blue	0	11	2	4	1	1	0	0	0	0
Brown	0	2	1	8	7	6	5	1	0	0
Yellow	0	7	7	75	81	99	62	50	46	13



(4) 電擊實驗: (背部色素細胞為主，紅細胞總數:97 藍細胞總數:58 棕細胞總數:22 黃細胞總數:99)

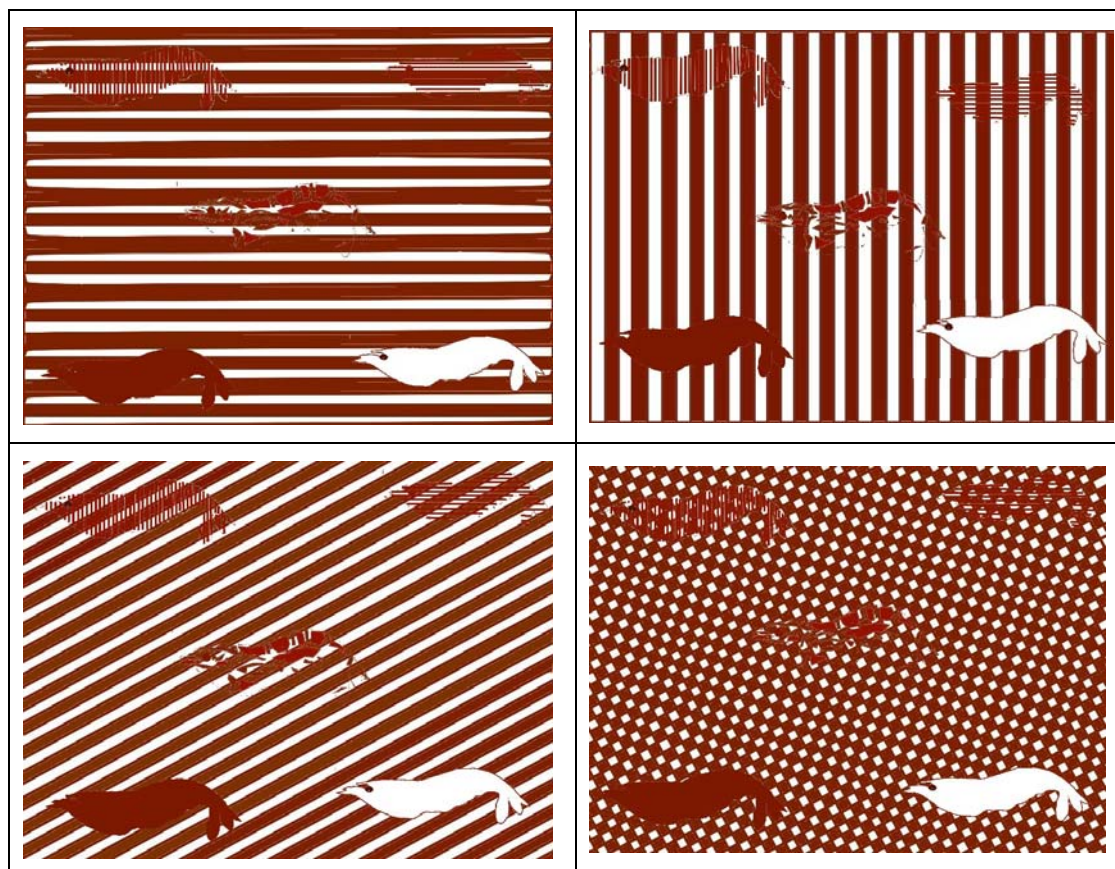
電流大小 mA	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4
擴張數	0	2	5	7	0	5	0	5	0	5	0
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Red	0	1	1	3	5	6	0	2	3	4	13
Blue	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1
Brown	0	0	1	3	3	0	1	2	0	1	7
Yellow	0	5	12	5	17	9	0	9	9	14	9

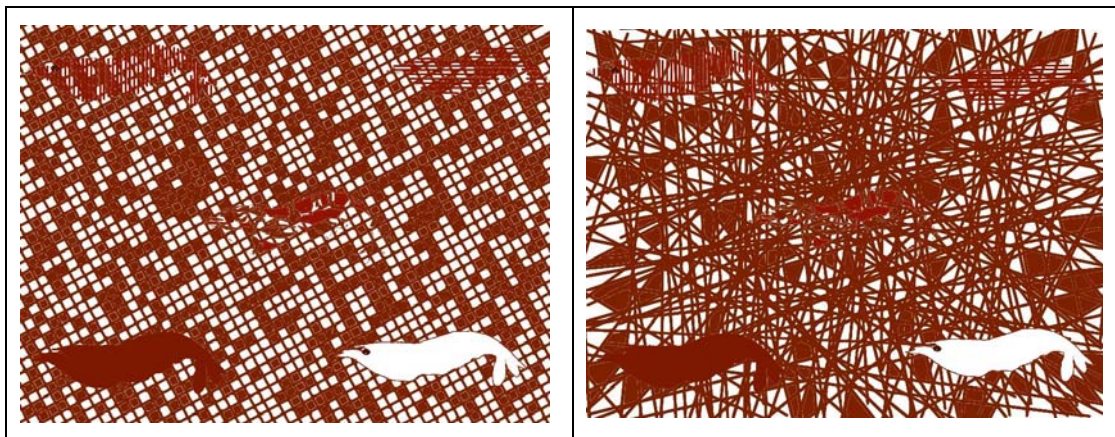


0 mA	0.25 mA	0.5 mA	0.75 mA	1 mA
				
1.5 mA	2 mA	2.5 mA	3 mA	3.5 mA
				
4 mA				
				

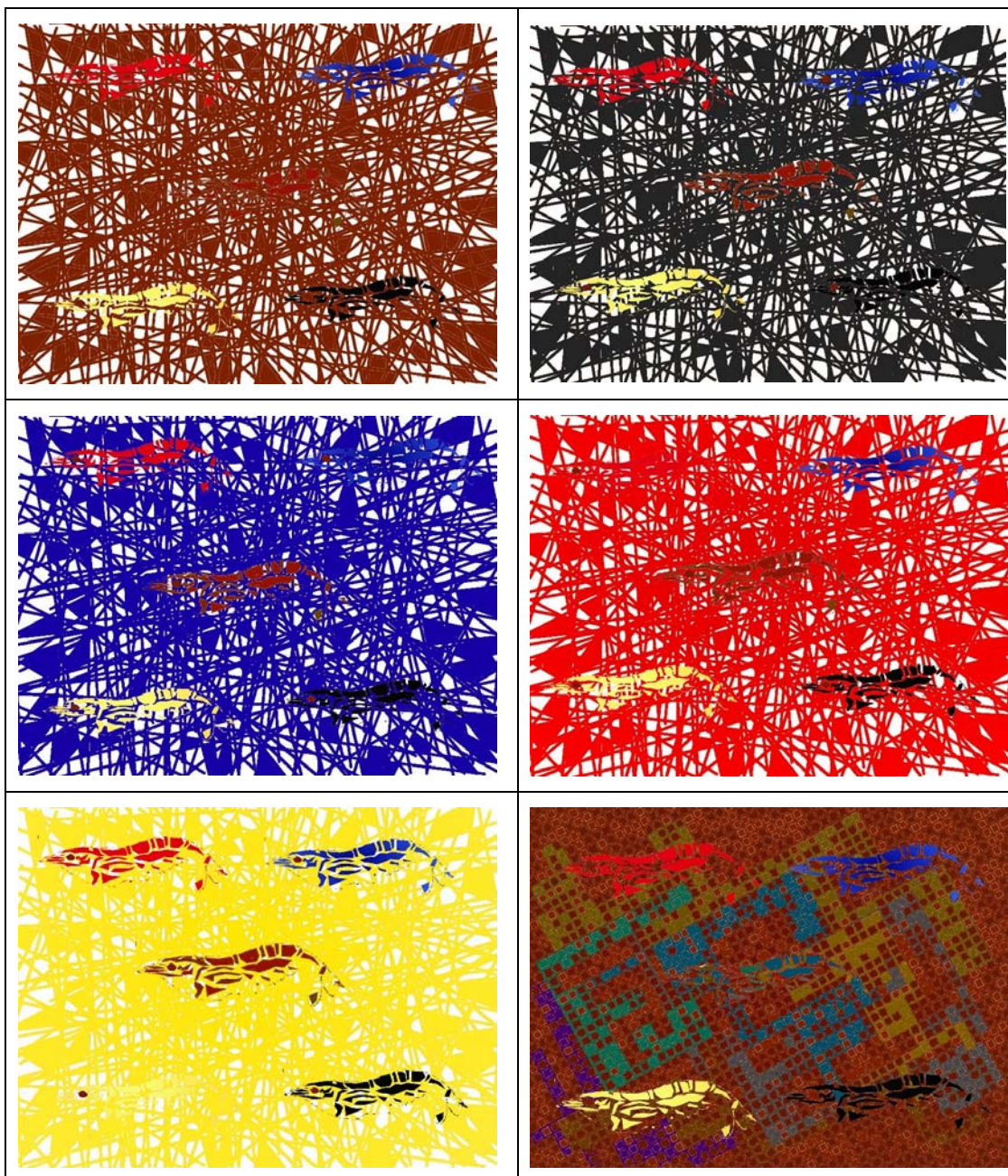
實驗四 探討黑殼蝦適應性

(1) 色素細胞的分佈：由左上而右下分別是直紋、橫紋、不規則紋、全身變色及全白等五個蝦子體表色塊分布圖形，並提供包括橫紋、斜紋、直紋、斜方、棕白錯格及隨機圖形等不同的環境底色，比較黑殼蝦的體色於環境中的融入程度。





(2)色素細胞的顯色：由左上而右下分別是紅色、藍色、棕色、黃色及黑色等五個蝦子體表色塊顯色圖形，並提供上述五色等不同的隨機環境底色，最後一張圖則提供了較為複雜的體色及環境，比較黑殼蝦的體色於環境中的融入程度。



柒、 討論

黑殼蝦適應性之探討

(1)不同光度下

根據實驗結果，以不同強度的光刺激黑殼蝦會對其的體色造成某種程度的影響。改變體色是為了使自己的輪廓消失。光強度夠強時黑殼蝦會產生一定程度的體色改變使光線反射或穿透，但在光源微弱的地方反射光線反而易曝露自己的行蹤，這時牠們便有兩種選擇，其一是加深體色而吸收大部分的光線，其二是使自己的軀體呈現極度透明而使光線直接穿過。

(2)不同色光、色相背景下

黑殼蝦最主要的紅黃藍三種色素細胞再加以輔助的棕色細胞，可呈現出許多種類的體色，在不同的色光下，黑殼蝦改變成較接近的體色，對黑殼蝦來說其生活環境極少有單一色光照射的情形出現，不同的色光對牠們來說和處於不同的背景下是相同的意思，和環境反射相近種類的光線能有效使其融入所處的環境中。黑殼蝦的色素細胞並非平均而全面的分佈於體表，其分布位置和密度皆有相當大的變化，相對於殼間細胞的高密度，有些部位根本沒有任何分佈，就這點而言不同的個體多少有些差異。而各區的色素細胞其反應速度和強度也有差異，使個體呈現不同的圖形。

(3)紅黃色素細胞之作用

綜觀各類的色素細胞，最特別的便是此種紅黃色素細胞。不同於傳統上只具有單一色素的細胞，這種細胞具有同時操控兩種色素的能力，收縮時兩種色料彼此分離，可單由黃色擴張或是紅黃逐漸混和擴張，通常在此一狀況下紅色顯的較明顯，此外當眼睛減除時這種色素細胞會大幅擴張，使其體色呈現通紅。

(4)除目及雙色光

這兩項實驗皆是作為對黑殼蝦變色系統的刺激接受方式進行探討，基於對眼睛即是刺激接收器的懷疑而進行的除目實驗，是直接而快速的方式，但此種方法會對蝦體造成相當大的傷害，且無法釐清眼睛究竟為刺激接受器或是訊息發散器甚至是中樞控制區的可能。雙色光實驗則有效彌補了除目實驗的不足，透過縮小光源範圍直接對蝦體身上的某一點刺激，避免光線混淆。在實驗二中我們已知不同的色光對蝦子體色呈現的影響結果，再以此作為資料庫比較此實驗的結果。這次的實驗所呈現的結果可看出，在兩種不同色光的刺激下，黑殼蝦整體體色的呈現皆較近似於眼睛所接受的色光，由此可知眼睛是刺激的接受器。

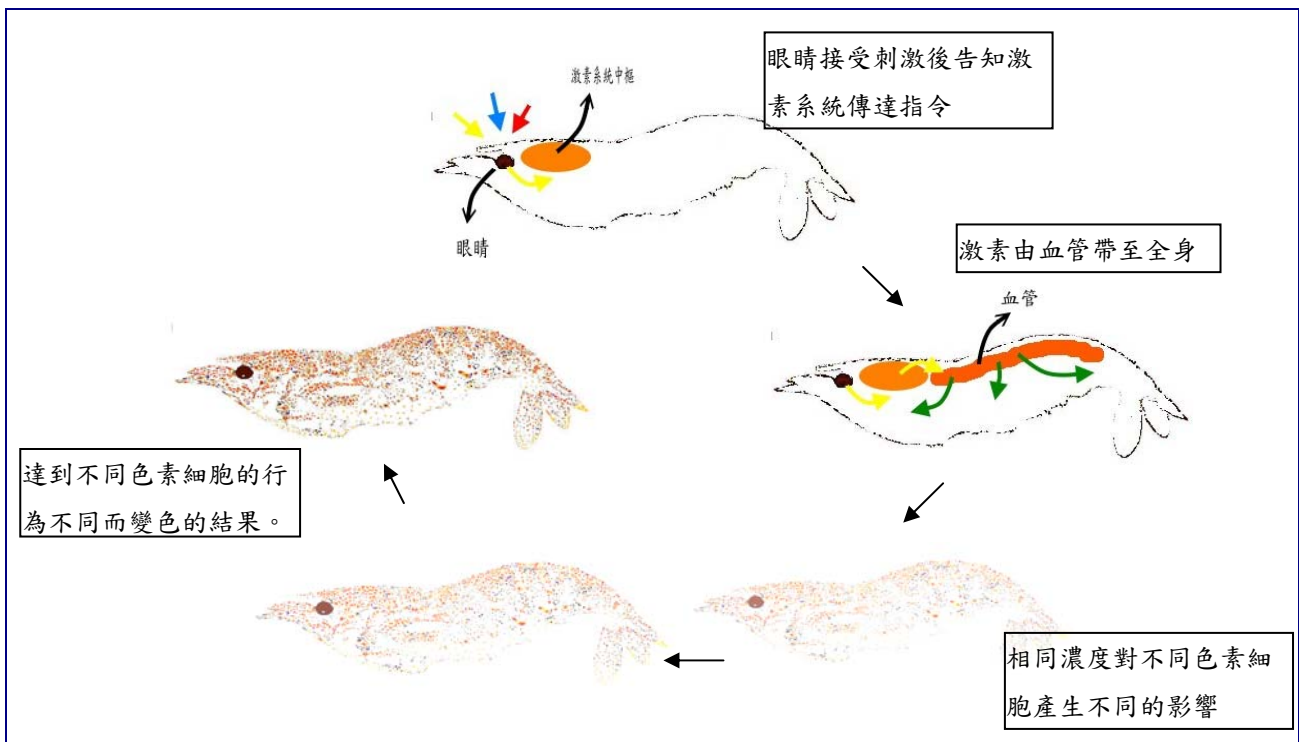
(4)腎上腺素及電擊的影響

實驗中以電擊的刺激代表神經系統的作用，因為實驗中蝦體皆花了相當長的時間變色，這和其他靠神經系統控制色素細胞的動物僅需很短的反應時間有相當大的落差。而在實驗結果中，發現電擊對各細胞擴張所造成的影響相當不規則，影響也很有限，所以認為神經系統不是訊息的傳輸管道。另一方面腎上腺素對於色素細胞的影響則十分顯著，在腎上腺素的作用下，黑殼蝦極度不安，四處跳動，超過 10%的濃度下很容易造成蝦子的死亡。在實驗中，我們多可看出各類色素細胞的擴張比率隨濃度的提升而增加，但皆非平順的直線，且藍色及棕色細胞在超過一定的濃度後擴張比率迅速下降，由此可推測出不同種類的色素細胞對於此激素的感應皆有一定的範圍：紅色細胞 5%~10%以上，黃色細胞 1%以上，棕色細胞 1%~5%之間，而藍色細胞 0%~1%之間且擴張率低。將以上的結果大致歸納後可了解，透過不同的濃度及種類的組合訊息傳輸的管道已大致建立。

(4)黑殼蝦的變色模式

1. 所有實驗的蝦體色改變皆須數分鐘到數小時的過程且可維持許久，此結果造成色素胞由神經系統控制的可能性力大幅降低。
2. 色光和色相背景的刺激皆可使黑殼蝦的體色有顯著的變化，但皆須十分長的反應時間，二者間的差異有可能是光強度的差別，也就是說不同種類的色素細胞皆有其最有效的感應光度。
3. 推測不同種類強度的色光所誘出的激素種類和濃度各不同，可能是造成不同種類不同區域的色素細胞運作結果差異的主因。
4. 自然環境下的黑殼蝦其體色變化十分複雜，且同一水域也存在的大量差異，顯示其體色改變是由多種環境因素交互作用下的結果。

(5)黑殼蝦的變色流程圖



(6)黑殼蝦的環境適應

黑殼蝦的色素細胞在體表分佈的很不平均，通常是一區一區的聚集成群，作用時通常每個區塊的顯色也有所差異。為何蝦子的色素系統在顯色的時候會缺乏全身的一致性呢？比較研究四的圖中我們便可發現，由於黑殼蝦所處的環境本身就不是單一的色彩所組成的，其中可能會有落葉、水藻、石塊等各種雜質的分佈，單一的色彩反而會使得蝦子的輪廓變的十分明顯，增加被捕食的危險性，也因此蝦子使其體表的色素細胞呈現不規則條紋的區塊分佈這樣的狀況使得蝦子的輪廓融入環境中變的極不明顯，也比規則化的條紋更有效。至於條紋的形狀每隻黑殼蝦都不同。另一方面另二張圖則解釋了變色功能的必要性，為了因應多樣化的生存環境，甚至不同深度水域也是變色的考量之一，如果黑殼蝦不斷維持著同樣的底色，一旦移動到環境顏色差異大的地區時，便很難維持原有的隱蔽性。話雖如此黑殼蝦所處的環境相對於章魚等變色生物來的小，色彩變化也較少一些，目前的變色系統已可為黑殼蝦帶來很好的保護效果，比較其原本的生活環境便可理解其目的，這或許象徵著石頭上的斑紋、藻類間的空隙，其意義和長頸鹿或老虎身上的紋路可說是一樣的，只是體型小的黑殼蝦其生活環境又相對複雜，因而產生一套變色系統。更重要的是還有另一個極可能的原因，黑殼蝦天敵不

一定和人類有相同的視覺系統，這些圖形在天敵眼中是否有使其不感興趣甚或嚇阻或混亂的效果，則有待進一步的研究。

未來展望

1. 黑殼蝦為自主性很高之生物其個體活動也有許多的差異，這是否意味著其是具有自主意識之生物，是本人最想研究之目標。
2. 希望能對黑殼蝦的體色改變機制有能更深入的了解，包括其作用激素的種類濃度等。
3. 相對於黑殼蝦各類能改變體色隻生物似乎接具有不同的作用機制，亦盼望能在相互比交之後對生物體之奧妙有所領略。

柒、 結論

黑殼蝦的體色控制為一種禦敵的保護措施，而造成其體色改變的環境因素有光源的光度、色光 and 不同背景等，透過腦中樞調控可將其體色調整至最有利於偽裝的狀況。另一方面，黑殼蝦在眼睛被遮蔽的狀況下失去的對色素細胞的控制，顯示其為蝦子對於環境刺激的重要接收器，其體色改變系統由眼睛接受訊息之後，將此一信號傳至內分泌中樞再至激素系統，透過循環系統下指令給色素細胞之後逐漸完成其體色之改變，因而整個過程需要數小時的時間方能完成。蝦子之色素細胞主要分佈於甲殼皮層，可分為藍色、淡棕色、紅黃雙色等幾種。蝦子的藍色，紅色及黃色色素細胞重疊，其中藍細胞於體表較深層，紅色素子和黃色素子位於同一細胞內可視狀況移動其色素子以達成其變色之目的，透過其伸縮和相對位置的不同，便可達成體色之改變。蝦子的體色在有光的環境下會隨光度的強弱而深淺，於不同的色光刺激下可逐步變成該顏色，而各區域的色素細胞伸縮結果顯著不同，其中又以殼間色素細胞的變化較其他部位明顯。使其體色具有多樣變化的因素有許多種，在各種不同的環境因素交互作用下，藉由不同的體色和環境相配合而達到隱藏自己行蹤的目的。

玖、 參考資料

無脊椎動物學

任淑仙著

<<http://wordpedia.pidc.org.tw>>

中國大百科智慧藏

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>>

評語

040722 水底變色龍

1. 頗有創意。
2. 實驗方法正確，尤其攝影表達甚佳。
3. 圖表表達清晰。