

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

佳作

080312

螢光水影—水生「條背螢」生態探索

學校名稱：臺北縣汐止市崇德國民小學

作者： 小五 曹哲瑋 小五 陳則安 小五 孫徹	指導老師： 張志遠 邵仕毅
----------------------------------	---------------------

關鍵詞：條背螢、水生、螢火蟲

螢光水影—水生「條背螢」生態探索

摘要

「螢火蟲」是所有螢科甲蟲的統稱，條背螢 (*Luciola substriata*) 在分類上屬於昆蟲綱、鞘翅目、螢科，一生歷經卵、幼蟲、蛹、成蟲四個階段，是屬於完全變態的昆蟲。由於幼蟲水棲的特性，被歸為水生螢火蟲，在所有螢科中屬於較為罕見的習性，以台灣五十餘種螢火蟲中，僅三種屬水生，因而具有生態上的獨特性。此外，幼蟲雖生活於水中，但其外型構造、呼吸方式等，與另兩種水生螢火蟲有顯著不同，也較晚為人所認識。

幼蟲期的條背螢以水中螺類為主食，約經過四、五個月的成長，歷經多次蛻皮後，終齡幼蟲會上陸準備化蛹及羽化。成蟲約在五、六月間出現，並在棲息地水域附近活動、交尾及產卵。就文獻記載和資料查詢，條背螢在北部、中部、南部及金門均有分佈，惟數量不多，生態及習性仍有待更深入的研究。

壹、研究動機

上過中年級自然的「認識昆蟲」單元後，我們對昆蟲多采多姿的外型及強韌的生命力，留下深刻的印象；在「水中生物」單元，我們認識了龍蟲、紅娘華及水蠶等許許多多水棲昆蟲，也曾嘗試飼養他們，有趣極了。日前參觀學校的螢火蟲教室，經過老師的講解，我們才知道，原來台灣也有三種幼蟲水生型的螢火蟲存在，真是令我們大開眼界！查過資料以後，發現這三種水生螢火蟲各具特色，也各有不同的生態習性，於是在老師的帶領之下，我們決定對水生的「條背螢」進行研究與探索。

貳、研究目的

- 一、尋訪條背螢的棲息環境，並與其他兩種水生螢火蟲做比較。
- 二、瞭解條背螢成蟲在野外出現的季節與時間。
- 三、觀察紀錄條背螢幼蟲與成蟲的外觀及身體構造。
- 四、我們想知道飼養條背螢的方法及其生活史。
- 五、探討條背螢幼蟲在水中的呼吸及運動方式，並與其他兩種水生螢火蟲做比較。
- 六、我們想知道條背螢的發光現象及其意義。
- 七、探討在共同棲地中，為何條背螢數量明顯較黃緣螢少。
- 八、嘗試在校園溼地復育條背螢，並推廣生態保育觀念。

參、研究設備及器材

- 一、採集工具：小手電筒、紅色玻璃紙、採集盒、捕蟲網、雨鞋。
- 二、飼養設備：圓形飼養盒、海綿、中型飼養盒、長形水族缸、紗網、泥土、過濾棉、活性炭、生化球、陶石環、氣泡石、打氣泵具。
- 三、觀察紀錄：照相機、攝影機、筆記本、小型放大鏡、計數器。
- 四、其他：螢火蟲圖鑑、標本盒、網路資料。

肆、研究方法與結果

研究一 條背螢的棲地特徵

實驗一之一 我們在哪裡可以找到條背螢的棲息地

(一) 方法

根據書上對於條背螢棲息地的描述，我們在台北縣附近的郊區，尋找類似的棲息地，看看能不能找到條背螢。

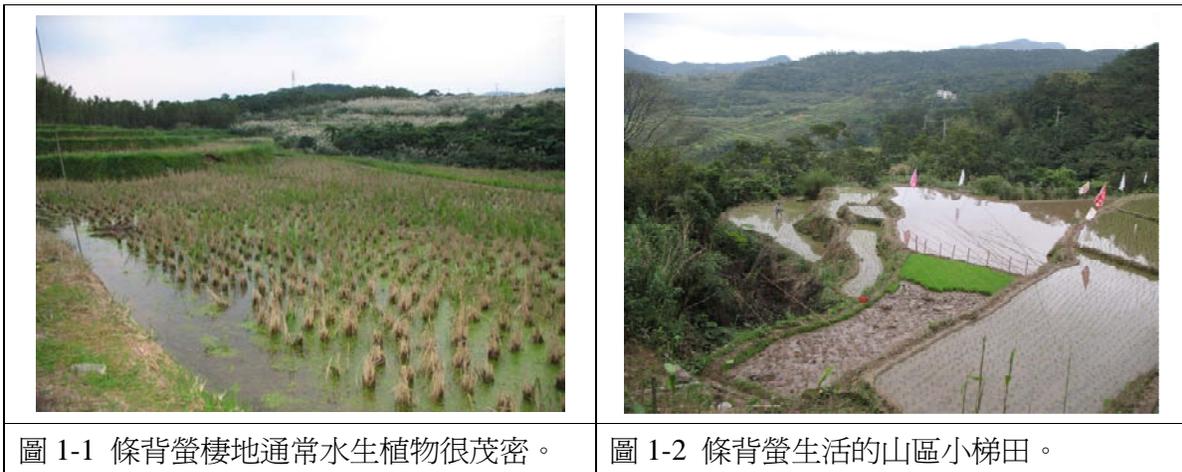
(二) 結果

- 1.我們在台灣北部（金山、萬里、石門）靠近山區의 梯田，也可以找到條背螢的蹤跡。
- 2.這些梯田具有一些共同的特徵，整理如下表：

觀察重點	特徵描述
(1) 水流狀況	終年有水，即使田地休耕仍有水流；或水量雖有多寡變化，但不致長期乾涸。
(2) 人爲干擾	田裡盡量不施用農藥或除草劑，或使用頻率低、用量少。
(3) 水中生態	水生植物繁茂，水域中常可見蝌蚪、螺類、水棲昆蟲等，生態豐富。
(4) 光害或遮蔽	棲地附近無明顯光害，或有樹叢遮蔽，使成蟲求偶活動不受影響。

表 1-1

- 3.當我們找到條背螢時，發現條背螢有時會和黃緣螢一起生活在同一地方。



實驗一之二 條背螢棲地環境與其他水生螢火蟲比較

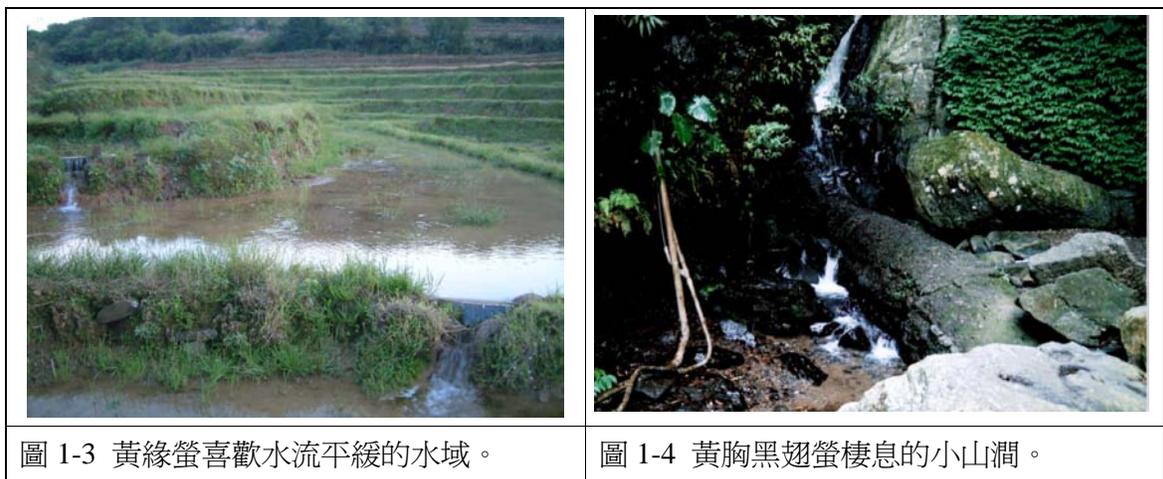
(一) 方法

以台北附近郊外及山區爲主，探索台灣另外兩種水生螢火蟲「黃緣螢」(*Luciola ficta*) 和「黃胸黑翅螢」(*Luciola hydrophila*) 的棲息地，觀察比較他們的棲息環境有什麼不同。

(二) 結果如下表：

種類	水流狀況	水溫高低	水質及溶氧量	其他
條背螢 	1.水流較平緩 2.水域中水草比較多 3.泥土底質 4.兩者棲地有時重疊	1.能容忍較高水溫及白日陽光曝曬， 2.通常在平地水田溝渠	要求最低 因幼蟲特殊的呼吸方式，能適應低溶氧水域並度過旱季。	幼蟲常攀爬於水面水草上
黃緣螢 			中等	幼蟲白天有時會鑽進底層泥土躲避高溫
黃胸黑翅螢 	1.水流稍急 2.石礫底質	1.需較低水溫，通常位於低海拔山區	要求最高	幼蟲抓附力最強，不怕急流

表 1-2



研究二 條背螢成蟲的發生季節與出現時段

實驗二之一 記錄條背螢成蟲出現月份、數量及活動時段

(一) 方法

- 1.針對條背螢棲息地，每個月至少一至二次，於天黑後觀察是否有條背螢成蟲發光活動，並以目測方式，估算當晚條背螢成蟲大概的數量。

(二) 結果

- 1.以台北縣而言，條背螢成蟲約在四月下旬開始羽化出現，到五月中達到高峰；兩週後成蟲

數量開始減少，至六月中僅剩零星個體。

- 2.天黑後約十分鐘即可見少數條背螢成蟲於草叢中閃光，漸漸有成蟲起來飛行活動；天黑後一小時前後數量最多，然後逐漸減少。
- 3.有些成蟲會持續活動，直到九點還有少數雄蟲在棲地飛行發光，可能是還沒找到伴侶。

實驗二之二 條背螢與黃緣螢成蟲出現月份與活動時段比較

(一) 方法

在條背螢與黃緣螢共同生活的棲地，每個月一至二次，於天黑後觀察兩種螢火蟲的活動，記錄他們成蟲的發生月份，及當日的活動時段。

(二) 結果

- 1.春季時，黃緣螢成蟲出現於四月初到五月底，六月以後就很少；條背螢成蟲出現較晚，約在四月底到六月初。
- 2.到了九月份，有些棲地會有一小波黃緣螢出現，條背螢則僅零星出現。
- 3.通常天黑後就可見到黃緣螢開始活動，而條背螢則要稍晚二十多分鐘才開始活動。
- 4.當我們在野外觀察條背螢時，發現條背螢與黃緣螢的區分方法大致如下表：

種類	出現的時間	螢光顏色與亮度	發光頻律	幼蟲活動習性
黃緣螢	傍晚時分天黑即開始活動，約持續一個多小時	顏色較偏黃色，亮度比較案	閃爍光，頻率較慢	棲息在水底
條背螢	出現比較慢，在7時以後才陸續出現，但可持續活動到較晚。	顏色較偏綠色，亮度比較亮	閃爍光，頻率較快	蟲體扁平，喜歡在水面棲息

表 2-1

研究三 條背螢的外型特徵

實驗三之一 條背螢成蟲外形觀察及近似種比較

(一) 方法

將採集到的條背螢成蟲進行外形的觀察，同時和在學校螢火蟲教室裡飼養的其他螢火蟲比較，看看有什麼差別。

(二) 結果

- 1.條背螢成蟲的外形特徵大致如下：
 - (1) 前胸背板及翅鞘均為橙黃色，翅鞘末端為黑色。
 - (2) 兩翅的交接處，有一條明顯的淡色縱紋。
 - (3) 翅膀上佈滿了細小的刻點與細毛。
 - (4) 頭部黑色，觸角黑色，呈絲狀。

2.條背螢成蟲雌雄的區分如下表：

性別	發光器	體型	複眼	行爲
雄蟲	具二節發光器，其中第一節長條形，第二節為明顯倒三角形	稍小	較大	較喜歡飛翔，到處活動求偶
雌蟲	只有一節發光器，發光器的前一節腹部為黑色	稍大	較小	雖也會飛，但有時在草叢或田埂爬行

表 3-1

3.條背螢與端黑螢的區分，相似處在翅鞘尾端有相同的黑點，相異處在發光器，條背螢的發光器是倒三角形且有黃褐色線條，而端黑螢是半圓形。



圖 3-1 條背螢雄蟲發光器第二節呈三角形。



圖 3-2 條背螢雌蟲僅具一節發光器。



圖 3-3 條背螢成蟲，翅鞘末端有黑色斑點。



圖 3-4 端黑螢外型與條背螢頗為相似，但棲息環境不同。



圖 3-5 端黑螢雄蟲，發光器形狀不同。



圖 3-6 邊褐端黑螢，腹部顏色與端黑螢不同

實驗三之二 條背螢幼蟲外形觀察

(一) 方法

1. 在條背螢棲地有時可以發現較大的幼蟲在水面發出微弱的光芒，我們將採集回來的幼蟲放在飼養池，觀察其外型，並用放大鏡仔細觀察身體構造。
2. 在飼養成蟲時，交尾產卵後孵化出來的初齡幼蟲，外型與中齡期不太一樣。我們小心將它挑出來，用放大鏡仔細觀察。

(二) 結果如下表

不同齡期幼蟲	外型描述	其他
初齡至二齡幼蟲	1. 體長約 0.3 至 0.5 公分，淡褐色 2. 身體扁平狀，體側佈滿許多類似氣管腮的棘狀突起	可以直接在水中呼吸，有時也可見到漂浮在水面
三齡以上的幼蟲	1. 體長約 0.6 至 1.5 公分，深褐色，原本體側的棘狀突起完全消失。 2. 腹部腹面倒數第二節具有兩點發光器，以仰泳姿式漂浮水面時，有時會發出微弱光點。	外形及顏色像一片枯黃的小竹葉，並有細微的縱向紋路，在野外形成良好的保護色

表 3-2



圖 3-7 初齡幼蟲體側佈滿棘刺狀突起。



圖 3-8 較大的幼蟲外型像一片枯竹葉。

研究四 條背螢的飼養及生活史探討

實驗四之一 條背螢的成蟲飼養與採卵

(一) 方法

因為苔蘚中比較不容易找出孵化的幼蟲，所以我們改用海綿來當條背螢產卵的地方。

(二) 結果

- 1.我們發現用海綿採卵，較容易取得剛孵化的幼蟲。
- 2.條背螢的卵期很短，約十天而已。
- 3.卵在即將孵化前，並不會變色，在學校飼養的黃綠螢的卵會變黑色。



圖 4-1 成蟲交尾時呈一字型。



圖 4-2 交尾中的成蟲腹面觀。

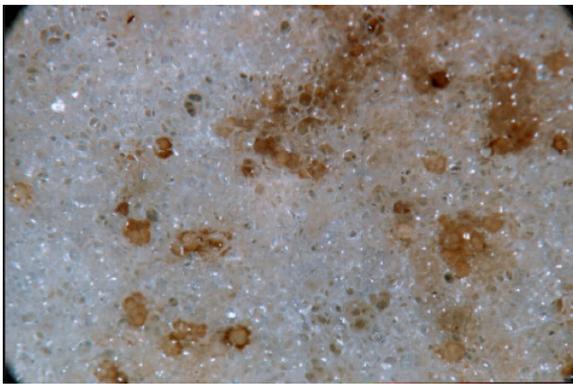


圖 4-3 以海棉片採得之條背螢卵。



圖 4-4 將海棉放入中型飼養缸，等待孵化。

實驗四之二 觀察條背螢卵的孵化及初齡期的觀察

(一) 方法

- 1.我們利用小型採集盒，盒內放置八分滿的水及產過卵的海綿，等卵孵化後，幼蟲自然沈入水底，就可以當作初齡幼蟲的中型飼養盒。
- 2.條背螢的卵經過 7-10 天孵化後，我們將條背螢初齡幼蟲放進初齡幼蟲飼養盒裡，以便觀察。

(二) 結果

- 1.條背螢初齡幼蟲的體側佈滿了許多棘刺狀突出，可能可以夾帶空氣到水中呼吸。

2. 幼蟲的顏色整體上以褐色為主，體型為扁平型，喜歡漂浮在水面上。

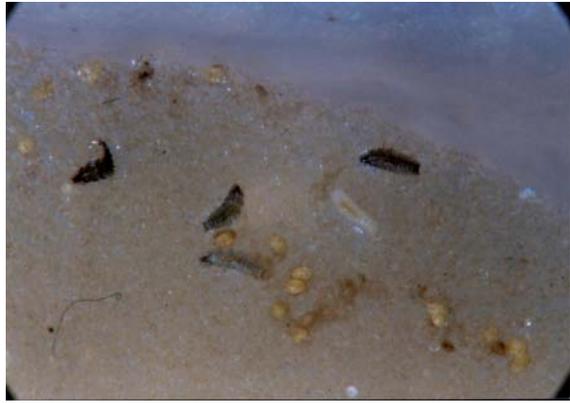


圖 4-5 剛孵化的初齡幼蟲，體色逐漸轉深。



圖 4-6 初齡幼蟲有時會漂浮在水面上。

實驗四之三 條背螢幼蟲的飼養

(一) 方法

我們嘗試尋找條背螢幼蟲最愛吃的食物，除了原來使用的石田螺之外，我們去另外尋找其他螺類，如川蜷、扁蜷及椎實螺等。

(二) 結果

1. 我們將大的、小的川蜷、扁蜷及石田螺放進飼養盒裡，發現條背螢的幼蟲偏好吃小型的螺類，其中以扁蜷最受歡迎。
2. 因為條背螢的主食是各種淡水螺類，而淡水螺常是某些吸蟲類寄生蟲的宿主，可能會危害我們的健康，因此在操作時，宜避免用手直接接觸，以免感染。因此老師要我們用鑷子夾取，或者戴上橡膠手套以保護自己，並且操作完畢要確實洗手，以策安全。



圖 4-7 正在捕食小田螺的幼蟲。



圖 4-8 一隻幼蟲正在攻擊水底的川蜷。



圖 4-9 捕食扁蝨的幼蟲，尾部露出水面。



圖 4-10 初齡幼蟲集體攻擊一隻小田螺。

實驗四之四 條背螢幼蟲的成長及外形變化

(一) 方法

條背螢在初齡幼蟲時期，體側佈滿棘刺狀突出，我們觀察初齡幼蟲在每次脫皮以後，外形會有什麼變化。

(二) 結果

1. 初齡幼蟲脫皮兩次後，成為三齡幼蟲，原本在體側的棘狀突出會完全消失。
2. 中齡期幼蟲的外形及顏色會變成與枯掉的竹葉一般，形成一種保護色。
3. 中齡期幼蟲的發光器在尾部腹面倒數第二節，發光時呈現兩點螢光。

實驗四之五 觀察條背螢幼蟲的脫皮

(一) 方法

我們發現有些幼蟲在水中呈蜷曲或側躺，或者停在水草上一動也不動，同時身體略顯膨脹，不像原來的扁平狀，原來是要脫皮前的徵兆，於是觀察他整個脫皮的過程。

(二) 結果如下表

脫皮前	脫皮過程	脫皮後
<ol style="list-style-type: none"> 1. 準備脫皮前，會以蜷曲的姿態靜靜躺在水底或停棲在水草間不動，並非死掉。 2. 此時可發現蟲體較為膨脹，不像平常那樣扁平。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 舊皮是先從頭部裂開，裂縫延伸到前胸背板末端，然後蟲體扭曲擺動，可以看見白色蟲體慢慢破皮而出。 2. 整個過程需要 30 分鐘以上 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 剛脫完皮的幼蟲呈米白色，蟲體稍軟，經過幾個小時以後，體色變深，體壁也變硬了些，就恢復正常活動。 2. 幼蟲明顯比原來大了些。

表 4-1



圖 4-11 二齡前與較大的幼蟲外形明顯不同。



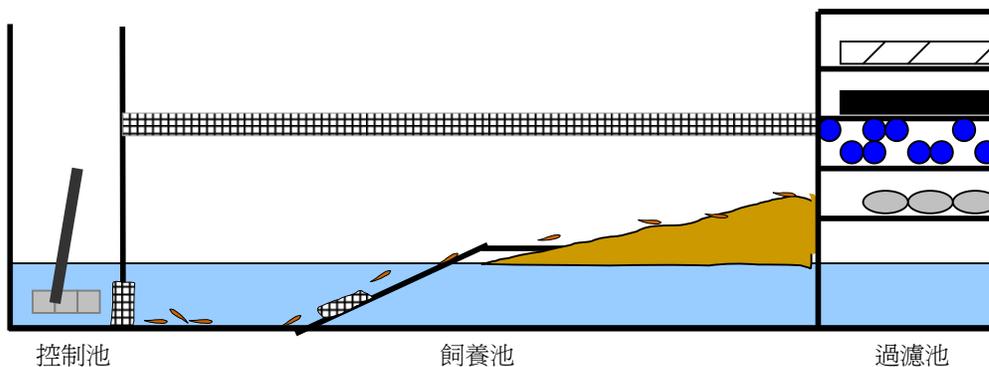
圖 4-12 剛完成脫皮的幼蟲，體色尚未變深

實驗四之六 條背螢終齡幼蟲的上陸行爲及化蛹

(一) 方法

- 1.當飼養條背螢幼蟲四個月以後，幼蟲已陸續脫皮四到五次，我們認為幼蟲已經夠大夠成熟，於是將幼蟲移至終齡羽化池。
- 2.終齡幼蟲羽化池的佈置（如下示意圖）：

將幼蟲飼養池稍微修改便可以當終齡幼蟲羽化池，在飼養池的右半部，用壓克力版架高，並放上泥土及細砂，作一個人工駁坎，並在羽化池上方加上細網，以免羽化後的成蟲飛走。



(二) 結果

- 1.當我們將幼蟲放進羽化池後，發現部分幼蟲會慢慢爬上駁坎，在泥土表面做成一個小土繭，或鑽入泥土下約一公分做成一個蛹室。
- 2.幼蟲完成一個土繭約需一至二天，完成後土繭與環境融合在一起，形成良好偽裝，幼蟲就在裡面靜待化蛹及羽化。



圖 4-13 將終齡幼蟲移入羽化池，準備上陸。



圖 4-14 幼蟲製作土繭，躲在裡面準備化蛹。

實驗四之七 條背螢蛹期的觀察

(一) 方法

從終齡羽化池裡，取出條背螢的土繭，小心撥掉一些上半部的土後，使露出裡頭的蛹體，觀察條背螢的蛹期。

(二) 結果如下表

前蛹期	化蛹過程	後蛹期
當終齡幼蟲爬上駁坎，會利用泥土作一土繭後，然後躲在裡面靜止不動，約三至五天左右直到脫皮，這個階段稱為前蛹期。	<ol style="list-style-type: none"> 1.條背螢幼蟲的頭部背板附近會開始略微裂開，藉由緩緩蠕動，蟲體逐漸把舊皮退到尾部附近，就進入後蛹期。 2.當條背螢的終齡幼蟲退下褐色舊皮後，因為條背螢幼蟲的皮較硬，所以舊皮並不會捲縮成一團。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.蛹成米黃色，稍微彎曲成弓形，前端有一對淡褐色眼睛、短小翅鞘包住胸部，胸部有如節狀，腹部尾端有發光器，此時便可以根據發光器外形來分辨雌雄。 2.在有些時候或受到碰觸驚擾時，蛹會左右扭動腹部，也會發出黃綠色光，可能是要嚇退敵人。

表 4-2



圖 4-15 撥開土繭發現幼蟲已在裡頭化蛹。



圖 4-16 條背螢蛹（右）比黃緣螢細長。

實驗四之八 條背螢的羽化過程觀察

(一) 方法

- 1.當我們觀察後蛹期的條背螢時，發覺條背螢的蛹體的顏色逐漸改變，到幾乎蛹皮快成透明時，就是快羽化了。
- 2.當條背螢快開始羽化時，我們把觀察盒放到相機下，進行觀察並記錄。

(二) 結果整理如下表

	羽化前的觀察	羽化過程	羽化後
觀察重點敘述	米黃色的蛹在土繭中靜躺約 5 至 7 後，褐色的複眼逐漸變黑，可以看到尾部的發光器。	從頭部背板裂出小縫，藉著不停扭動，蟲體頭部慢慢從裂縫中鑽出，當透明蛹皮全部退到尾部末端後，米黃色成蟲需休息約三至四小時，翅鞘才慢慢變成較深的黃褐色。	剛羽化的成蟲體力較弱需要休息，有時會在土繭中待 2 天以上才出來活動。

表 4-3

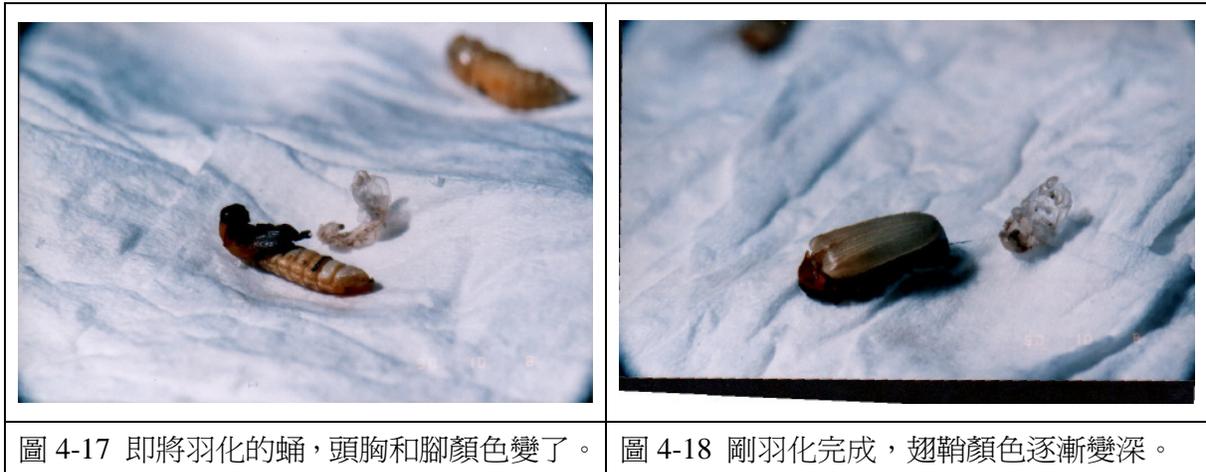


圖 4-17 即將羽化的蛹，頭胸和腳顏色變了。 圖 4-18 剛羽化完成，翅鞘顏色逐漸變深。

實驗四之九 條背螢幼蟲的飼養環境改良

(一) 方法

- 1.根據實驗結果我們修正飼養條背螢中齡幼蟲飼養池：
改用注入約 10cm 水高的長方形水族缸，來當作飼養池。飼養前，首先鑽出方形小孔，小孔並黏上細孔目鐵網二張，將水族缸區隔三池，依序分為過濾池、飼養池、控制池。
- 2.三池缸內的裝置為：
 - (1) 過濾池：池內放置生化盒，盒內分別裝有過濾棉、活性炭、生化球及陶石環等過濾器材。
 - (2) 飼養池：可再放入中形飼養盒，分別放入幼蟲。
 - (3) 控制池：控制池放入氣泡石注入空氣，以增加水的溶氧量。

(二) 結果

因為冬天水溫過低，幼蟲活動力減弱時，可以在控制池裝加溫管，使水溫保持 27°C 左右。

控制池放置沈水馬達，用塑膠管連接到過濾池，讓飼養池內的水緩緩流動，就像野外的環境般，這樣每隻幼蟲都可以安然自在的在水底下爬行、休息了。

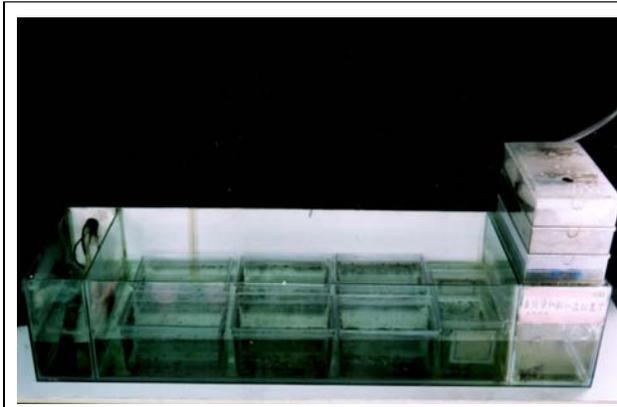


圖 4-19 大型飼養缸中可放入數個中型缸。



圖 4-20 大型缸可做為終齡幼蟲上陸池。

研究五 條背螢幼蟲在水中的運動及呼吸方式探討

實驗五之一 條背螢幼蟲的運動方式

(一) 方法

從條背螢孵化成幼蟲後，我們開始觀察條背螢幼蟲如何運動。

(二) 結果如下表

三對步足步行	尾端尾足吸附	水面下仰漂移動
條背螢的幼蟲，在水底移動時，因為體壁較為堅硬，並不像其他種螢火蟲幼蟲採取「蜈蚣型步行」方式，而是單靠三對步足來爬行，因此速度不快。	當幼蟲在水底或水草間爬行時，若仔細看可發現幼蟲尾部伸出白色扇形尾足，具有吸附及固定身體的功能，就像是幼蟲的「第七隻腳」般，相當方便。	條背螢的幼蟲可漂浮在水面下，採「仰泳」方式運動，緩慢前進。同時也可將尾部接觸水面換氣呼吸，補充一些氧氣，再繼續游泳。這招可算是條背螢的獨門絕技。

表 5-1



圖 5-1 幼蟲在水底靠三對足緩慢步行。



圖 5-2 兩隻在水面下仰漂的幼蟲舞姿曼妙。



圖 5-3 幼蟲腹部末端伸出尾足，具固定功能，本圖兩點發光器清晰可見。



圖 5-4 幼蟲常在水草間爬行，遇干擾則有假死行爲以避敵自保。

實驗五之二 條背螢幼蟲的呼吸及其他水生螢火蟲幼蟲之比較

(一) 方法

1. 在飼養條背螢的文獻中提到，條背螢幼蟲會像紅娘華般將尾部朝上伸至水面，以利用尾端的呼吸管來呼吸，因此我們佈置不同的環境，觀察幼蟲活動及呼吸換氣的情形。

2. 佈置如下三種環境，並分別放入十隻幼蟲：

- (1) 空缸：中型飼養池中只有水，不放任何東西。
- (2) 水草缸：中型飼養池中置入沉水性水蘊草及挺水性水草，以供幼蟲攀爬附著。
- (3) 紗網缸：中型飼養池中垂直放入一小片紗網，從池底延伸到水面上。

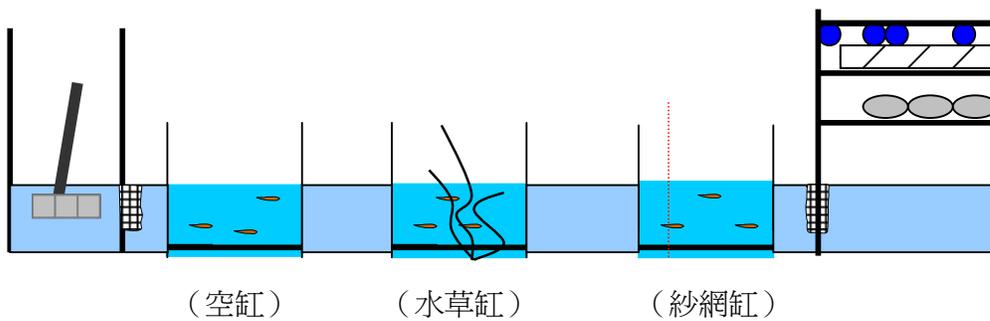


圖 5-5 仰漂時，尾部接觸水面以便換氣。

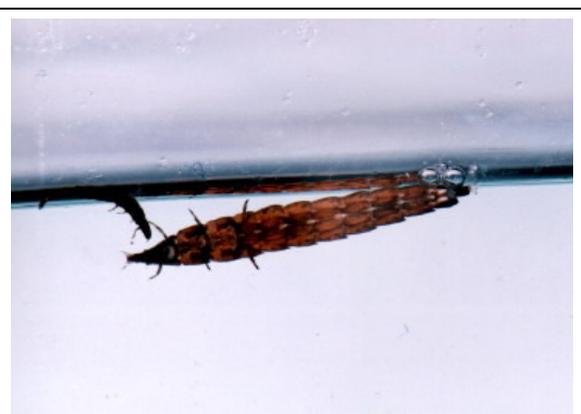


圖 5-6 幼蟲以腹部末端氣孔在水面呼吸。

(二) 結果如下表

不同環境之觀察			行為描述	水生幼蟲構造比較	分析探討
水草缸	紗網缸	空缸			
水草缸及紗網缸中的幼蟲喜歡攀附在物體上，方便潛入水中捕食小螺，也會爬到水面附近待比較久的時間。		空缸中的幼蟲會在缸底及缸壁上爬行，但通常不會持續待 60 分鐘以上，而是爬來爬去；有些則一直以仰泳姿式漂浮水面。	1.不論是哪一種環境，幼蟲通常不會在缸底或水中停留超過 60 分鐘。 2.若是採仰漂或抓住物體停留水面的方式，則可能休息不動達數小時以上。	黃緣螢幼蟲及黃胸黑翅螢幼蟲均具有特化的「氣管腮」，可以在水中直接呼吸，進行氣體交換；但條背螢幼蟲並不具備這個構造。	1. 幼蟲停留水面時，常可見到腹部末端接觸或伸出水面，再潛進水中；有時會反覆爬上爬下，應是以氣孔在進行呼吸。 2.這也可以解釋為何條背螢在野外的棲地，通常是水草或藻類較茂密的水域，也能忍受水中較低的溶氧量。

表 5-2



研究六 條背螢的發光行為探討

實驗六之一 條背螢的成蟲、幼蟲及蛹的發光現象

(一) 方法

觀察條背螢的幼蟲、蛹期、成蟲以及卵的發光現象。

(二) 結果整理如下表

不同階段	是否發光	發光現象描述
成蟲	是 (明顯閃爍光)	1.發光器形狀及節數不同。 2.亮度：雄蟲發出的螢光亮度較雌蟲的強。 3.將雄蟲與雌蟲放在一起時，雄蟲會發出一種頻率較快的強閃光，間隔數秒後又反覆出現，在野外棲地常可看到條背螢雄蟲邊飛行邊發出這樣的閃光，應是求偶的訊號。
蛹	是 (明顯持續光)	1.在蛹的初期全身會發出微微的持續性的螢光，當進入後期時，會慢慢集中到尾部，發出黃綠色的光。 2.蛹雖然不會移動，但受到驚擾或碰觸時會突然發出亮光並左右扭動，推測應該具有警戒作用，藉以嚇退敵人，保護自己。
幼蟲	是 (微弱持續光)	1.條背螢幼蟲發光是從尾部發光器發出兩點的持續性螢光，有時會間隔數秒至十餘秒。 2.幼蟲發光時，大部分是採仰漂姿勢浮在水面上，或是抓住水草捕食小螺，將尾部接觸水面換氣，這個動作可以維持很久。
卵	是 (極微弱持續光)	1.成蟲剛產下的卵很小，發光現象並不明顯。 2.在即將孵化前二、三天，有時會發出淡淡的淺綠色螢光，但這螢光很微弱，必須在很暗的環境才能察覺。

表 5-3

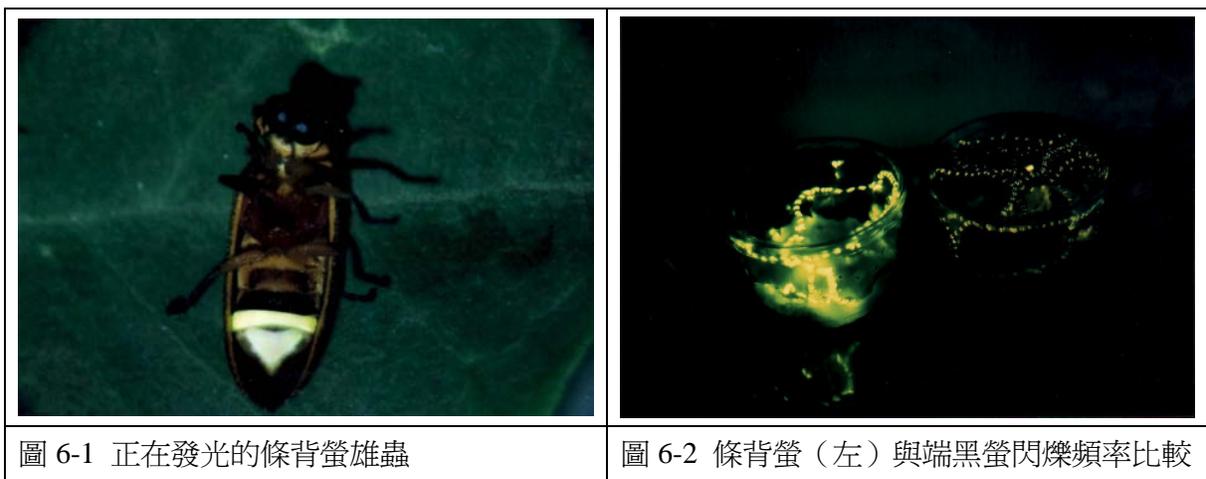


圖 6-1 正在發光的條背螢雄蟲

圖 6-2 條背螢（左）與端黑螢閃爍頻率比較

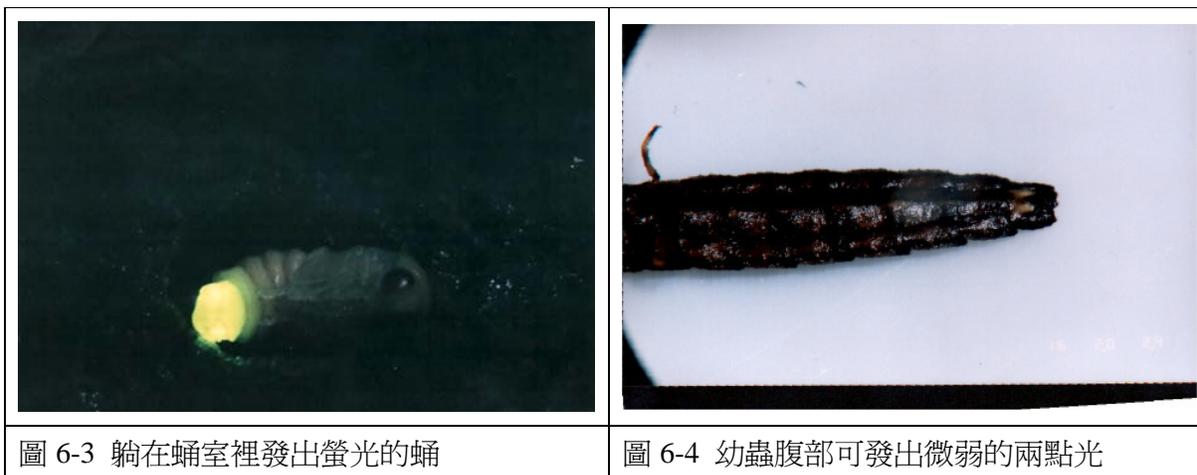


圖 6-3 躺在蛹室裡發出螢光的蛹

圖 6-4 幼蟲腹部可發出微弱的兩點光

研究七 在野外共同棲地中，為什麼條背螢數量明顯較黃緣螢少？

在多次的野外採集與觀察中，我們發現條背螢成蟲的數量總是少於黃緣螢，在實驗室飼養時也頗有差異。為何同棲息環境的兩種水生螢火蟲，族群數量差異會這麼明顯？於是我們設計一系列實驗來探討與研究。

實驗七之一 條背螢與黃緣螢野外成蟲雌雄比例比較

(一) 方法

1. 在黃緣螢及條背螢成蟲發生的季節，以全數採集的方式，將當晚在棲地中所見到的所有成蟲儘可能捕捉，進行時間約一個小時。
2. 將採集到的成蟲分別記錄其種類及性別，現場記錄完畢則全數放回原棲地。
3. 同一個棲地至少間隔二週以上才做下一次採集記錄。

(二) 結果

1. 在 98 至 99 年間，針對兩個不同棲息環境，分別實施兩次採集記錄，整理如下表：

調查地點	調查日期	黃緣螢（雄：雌）		條背螢（雄：雌）	
		數量	比例	數量	比例
甲棲地	98 年五月中旬	83 : 9	9.2 : 1	23 : 5	4.6 : 1
	99 年五月中旬	66 : 10	6.6 : 1	31 : 8	3.9 : 1
乙棲地	99 年五月中旬	51 : 12	4.3 : 1	18 : 3	6 : 1
	99 年五月下旬	33 : 7	4.7 : 1	25 : 6	4.2 : 1

表 7-1

2. 根據上表的採集量及簡化後的雌雄比例，分析如下：

- (1) 同一次採集，黃緣螢數量皆高於條背螢，最多差距三倍以上。
- (2) 黃緣螢性別比例（雄：雌）變動較大，大概與大量發生及雄蟲易於採集有關；條背螢的性比則約在 4~6 之間。
- (3) 因樣本數不夠，採集時也易受天氣、地形等影響，故仍需其他實驗佐證。

實驗七之二 條背螢與黃緣螢產卵及孵化數量估算

(一) 方法

1. 在不同採卵盒中分別放入條背螢及黃緣螢定量的雌蟲與足量雄蟲，經 3~7 天後，將海綿片分別浸泡於孵化池。
2. 待初齡幼蟲開始孵化時，每日將兩種幼蟲分別吸出並計數，予以記錄並累加總數，直到再無幼蟲孵化為止。

(二) 結果

1. 分別將兩種螢火蟲的孵化情形整理如下表：

種類		放入雌蟲數	累計孵化數	每隻雌蟲平均產卵孵化數	備註
條背螢	海綿 1	5	167	33.4	1.部分卵未孵化 2.有些雌蟲快速死亡
	海綿 2	8	295	36.9	1.部分卵未孵化 2.目視交尾情形不佳
黃緣螢	海綿 3	5	341	68.2	1.少數卵未孵化
	海綿 4	8	583	72.9	1.極少數卵未孵化

表 7-2

2. 由上表得知，實驗室中條背螢的成蟲交尾及幼蟲孵化情形不如黃緣螢理想，每隻雌蟲的平均產卵孵化數差距約為兩倍。
3. 孵化數量不能直接視為產卵數量，因為有些雌蟲產卵情形不佳，或者產下的是未受精卵，甚至提早死亡等，皆會影響估算值。



圖 7-1 放入條背螢成蟲以生化海綿採卵。



圖 7-2 於孵化池中需每日累計孵化數量。

實驗七之三 條背螢與黃緣螢幼蟲飼養各齡期存活率探討

(一) 方法

- 1.將條背螢及黃緣螢定量的初齡幼蟲分別放入中型飼養池，每兩週至一個月於更換容器清洗環境時，清點存活個體數。
- 2.每次清點完畢後，紀錄下存活數量，但不再補充新個體，直接以存活數繼續下一個階段的飼養與清點，以判斷各齡期存活率。

(二) 結果

- 1.經過三個月後的飼養與記錄，整理如下表

種類		放入初齡幼蟲數	孵化後 2 周 存活數 (1~2 齡)	孵化後一個 月存活數 (2~3 齡)	孵化後二個 月存活數 (3~4 齡)	孵化後三個 月存活數 (4~5 齡)
條背螢	飼養盒 1	100	48	23	18	16
	飼養盒 2	100	37	20	14	13
黃緣螢	飼養盒 3	100	98	98	95	89
	飼養盒 4	100	94	92	88	84

表 7-3

- 2.由上表數據得知，在室內飼養的情形下，條背螢幼蟲在初齡期到三齡的階段，死亡率甚高，可能與進食狀況不佳有關；三齡以後則趨於穩定，捕食小螺的意願也較高。黃緣螢幼蟲則從孵化開始就維持穩定的成長與高存活率。

實驗七之四 條背螢與黃緣螢幼蟲食物接受度比較

(一) 方法

- 1.分別取三齡以上的條背螢與黃緣螢幼蟲，每十隻放入一個圓形小飼養盒，分別投以不同類型的食物，觀察他們進食的意願與狀況。
- 2.經過一至三天後，觀察並紀錄食物剩餘情形，期間需注意水質的狀況。

(二) 結果

- 1.整理如下表：

幼蟲種類	食物類型		
	去殼的螺肉一小塊	活的小石田螺五顆	吳郭魚肉一小塊
條背螢幼蟲	有幾隻幼蟲取食，但多數幼蟲似乎興趣不高。水質有些變髒。	三天後五顆小石田螺都已被捕食，看來頗受歡迎。	只有少數幼蟲曾嘗試進食，但都只短暫停留就離開，水質惡化。
黃緣螢幼蟲	全體幼蟲一擁而上，咬住螺肉不放，直到吃飽才有幾隻離開。	幼蟲分別攻擊小螺，得手後會共同進食。三天後小螺都被吃光了。	大部分幼蟲仍立即進食，看來對魚肉的接受度也相當不錯呢！

表 7-4

2.看來黃緣螢幼蟲胃口相當好，在各個項目都積極進食，可說是大獲全勝，我們在野外還曾觀察到進食水中的青蛙屍體、死蚯蚓、死魚等，真是不挑食啊！相反的，條背螢幼蟲似乎還是對活體小螺比較有興趣，喜歡自己捕食新鮮食材。



圖 7-3 條背螢幼蟲捕食小螺英姿。



圖 7-4 條背螢幼蟲對切好的螺肉興趣不高。

實驗七之五 條背螢與黃緣螢超級比一比

(一) 方法

1.綜合以上各項實驗，整理歸納條背螢與黃緣螢在生態習性上的優劣勢，藉以作為判斷其野外族群數量多寡的參考。

(二) 結果

1.整理如下表：

種類	成蟲性別比例 (雄：雌)	每一隻雌蟲產 卵孵化量	各齡期幼蟲存 活率	幼蟲對食物的 接受度	完成一個世代 成長期
條背螢	無明顯差異	較少	前一個月死亡 率頗高	偏好活體小螺	無明顯差異
黃緣螢		較多 (約為二倍)	存活率高 適應性強	食性廣泛	

表 7-5

2.黃緣螢在產卵數與孵化數、幼蟲期存活率與適應性、對食物種類接受度等方面，皆佔有明顯優勢，初步推估應該是在野外族群較龐大的可能原因。

研究八 條背螢的校園溼地復育行動及社區推廣計畫

實驗八之一 校內各濕地環境評估與選擇

(一) 方法

將校內人工營造的溼地按照地點分成四個區域，考量放養條背螢幼蟲所需的條件，列出四大項進行評估，分別是：

- 1.水源水質及水流量穩定性
- 2.夜晚光害及白天遮蔽性
- 3.水中螺類及水生植物生長情形
- 4.水域狀況及週遭環境觀察

分別給予「優、良、可、劣」不同等級，再決定出環境較符合條背螢棲地的溼地做復育實驗。

(二) 結果

1.如下表所示：

校內濕地	評比項目	水源水質及水流量穩定性	夜晚光害及白天遮蔽性	水中螺類及植物生長情形	水域狀況及週遭環境觀察	整體評估
<p>外操場河邊濕地</p> 	水質佳 水量穩定	稍有光害 遮蔽性尚可	各類水生植物繁茂 螺類不多	人為干擾低 蛙類活動頻繁	適合復育實驗	
	優	良	優	優	優	
<p>廚房下層淨化池</p> 	廚房污水排入影響水質 水量穩定	無光害 遮蔽性適中	水生植物不多 螺類少	人為干擾少 進出不便 水池過深	不宜水生螢火蟲	
	劣	優	可	劣	劣	
<p>車道旁水稻田區</p> 	水質尚可 水位有時較低	少光害 遮蔽性適中	水生植物多 螺類不多	易受干擾 蛙類活動多 面積較小	可嘗試復育	
	可	優	良	良	良	

<p>新大樓前水域</p> 	<p>水質尚可 水量不穩定</p>	<p>稍有光害 遮蔽性適中</p>	<p>水生植物多 螺類較多</p>	<p>易受干擾 有蛙類活動 遭放養錦鯉</p>	<p>有外來魚種威脅</p>
	<p>可</p>	<p>良</p>	<p>優</p>	<p>劣</p>	<p>劣</p>

表 8-1

2.經評估後決定選擇「外操場濕地」及「水稻田區」進行復育實驗及監測。

實驗八之二 野放條背螢實驗

(一) 方法

- 1.將實驗室孵化的條背螢初齡幼蟲分批放入選定的水域中，每兩週一次監測濕地狀況。
- 2.適度補充石田螺到水域中，作為幼蟲食物。

(二) 結果

- 1.五月中旬在「外操場濕地」放入初齡幼蟲 100 隻，石田螺半斤。
- 2.五月下旬至六月初在「水稻田區」放入初齡幼蟲 100 隻，石田螺半斤。
- 3.本實驗持續進行中。



圖 8-1 將實驗室孵化的幼蟲野放校園溼地。



圖 8-2 定期監測螺類數量及水域狀況。

實驗八之三 推廣護螢觀念，舉辦賞螢活動

<p>(一) 緣起</p>	<p>1.為了讓更多人認識螢火蟲生態，進一步關心我們的環境，我們決定走出校園，讓社區民眾一起來領略螢火蟲的美好。</p>
<p>(二) 作法</p>	<p>1.在與學校老師、主任討論後，決定今年五月初要在校內辦理賞螢活動，並開放社區民眾參與。在天黑觀賞點點螢光之前，先由老師及我們這些小小解說員向參加的學員進行螢火蟲生態導覽，讓大家不只是來看熱鬧，還能</p>

	<p>有所收穫。</p> <p>2.搭配參觀螢火蟲教室的飼養設備及美麗的生態照片，讓社區民眾了解我們的努力，也希望大家一起來保護這些美麗而脆弱的小精靈。</p>
(三) 成果	<p>1.學校在五月一日於校園舉辦賞螢活動，共有近八十位民眾參加，老老少少，都是為了一睹美麗螢光而來。我們這些「護螢小天使」也發揮所長，向民眾講解螢火蟲的生態，大家都學到了許多螢火蟲的知識，可謂滿載而歸！</p> <p>2.即便不是在螢火蟲發生的季節，我們仍會把握機會做推廣活動。有時有外校來賓或其他團體到校參訪，若時間許可，也會安排校園溼地步道巡禮或參觀螢火蟲教室，這時我們這群小解說員就能派上用場了！</p>

表 8-2



圖 8-3 外校來賓參觀生態教室。



圖 8-4 小解說員講解螢火蟲生態。

實驗八之四 復育水生螢火蟲對淡水生態系影響之探討

(一) 緣起	<p>1.曾有民眾提出問題說：「螢火蟲愈多愈好嗎？復育螢火蟲會不會造成環境或生態問題？」這個問題倒是帶給我們不同的思考角度。</p> <p>2.和老師討論之後，我們決定以條背螢的復育為例，尋找資料，探討淡水生態系中，螢火蟲所扮演的角色，及其族群增減可能造成的影響。</p>
(二) 思考	<p>1..自然界中不同環境的生物會組成不同的生態系，長久時間之下自然會達到一種穩定而平衡的狀態。食物鏈中各生物環環相扣，各有其重要性。</p> <p>2.我們飼養、復育螢火蟲，難道是多管閒事、破壞自然界平衡嗎？我們要釐清問題，知道我們做的事意義何在。</p>
(三) 探索	<p>1.水生螢火蟲所處的淡水生態系（水田、池沼、溪溝等濕地），其中生物種類繁多，族群數量各異。試列出水生螢火蟲在食物鏈中的上下關係圖如下：</p>

(四) 分析	<p>1.水生螢火蟲幼蟲在淡水生態系中屬於次級消費者，以水中螺類為主食，是螺類的天敵之一；而螺類以藻類、水草及落葉等為食物。</p> <p>2.以人為介入使螢火蟲數量增加，會不會使螺類大量減少，而使水中藻類大量滋生？或者螢火蟲數量的增加仍會受限於該棲地的承載，終究會在一定範圍內達到平衡？這有待我們持續探索與研究。</p>
(五) 展望	<p>1.螢火蟲常被認為是環境指標，有牠們活動的地區通常人為破壞較少，或者環境保持較原始。雖然不同種類的螢火蟲對棲息地環境的要求各不相同，但大致說來，遭污染的環境或過度開發的地方看不到螢火蟲，卻也是存在的事實。</p> <p>2.加上近來環保觀念抬頭，生態旅遊風行，螢火蟲獨有的觀賞價值逐漸受到重視，也因此在某些地區會受到保護。我們樂見人類開發環境的同時能放慢腳步，有所節制，適度尊重其他生命的價值！</p>

表 8-3

伍、討論

將幾個問題整理如下表：

問題	思考與檢討
一、條背螢棲地分佈探討	<p>1.除了已知的的金門、墾丁等之外，我們發現，在台灣北部靠近山區的梯田或濕地，可以尋找到條背螢的蹤跡。</p> <p>2.從文獻得知，條背螢也能耐乾旱以度過乾季，甚至適應帶有海水鹽分的環境，在台灣水生的螢火蟲當中頗具特色。</p>
二、條背螢與黃緣螢棲地重疊的現象	<p>1.兩者在野外棲息地雖有時重疊，但幼蟲的食性並不完全一樣，在水域中的活動水層亦有所區隔。</p> <p>2.其次成蟲在活動時段、發生季節，乃至於發光求偶的訊息，兩者也做適度的分別，因此在生存上並無明顯競爭關係，故可和平共存。</p>
三、捕食習性	<p>1.飼養條背螢幼蟲時，要用活的小螺當食物，較能引起他們的食慾。倘若用切碎的螺肉餵食，由於條背螢喜歡主動去捕食，往往導致水質腐敗而危及幼蟲性命。</p> <p>2.實驗中曾嘗試放入福壽螺，但效果不佳。</p>

四、條背螢幼蟲的飼養環境佈置	<p>1.在條背螢各齡期幼蟲的飼養上，宜在飼養池中放入水生植物或紗網等，以供幼蟲攀附，如此對於幼蟲進行水面呼吸、潛入水中覓食、或在水域中上下活動，均有幫助。</p> <p>2.水中溶氧量的要求雖不高，但飼養上仍要注意水溫及水質的掌控，定期換水對保持水質的穩定仍屬必要。</p>
五、終齡幼蟲上陸行爲	<p>1.台灣所有水生螢火蟲要化蛹前，都要爬上陸地。條背螢和其他許多熠螢屬的種類一樣，終齡幼蟲有製作土繭，在蛹室化蛹羽化的現象。</p> <p>2.實驗時若無適當環境或材料，幼蟲也會自行尋找隱蔽處化蛹。</p>
六、發光現象與意義探討	<p>1.條背螢是夜行性，在一生各個階段都會發光，但具有不同意義。成蟲活動時主要目的在求偶，因此能發出獨特頻率的閃光以吸引伴侶，顏色亮度等也與同棲地的黃緣螢有所區隔。</p> <p>2.蛹期不具行動能力，最為脆弱，雖有土繭保護，但仍有風險，此時的發光應是具有警戒、嚇阻敵人的效果。</p> <p>3.幼蟲活動時常會有間歇發光的現象，是單純照明、或另有警示甚至覓食上的功能，則有待進一步探究。</p>
七、條背螢的野外族群數較黃緣螢小	<p>初步判定黃緣螢在食性及環境適應力上佔有優勢，但也可能與我們的飼養方式或實驗設計有關，因此變數或誤差的可能性仍多，有待深入研究。</p>
八、復育螢火蟲的意義	<p>近年來「螢火蟲」議題持續發燒，其獨具之夜間觀賞價值、結合生態旅遊的推動、乃至於隨之而來的商機等，使之日亦受重視而成爲「明星物種」。但大自然自有其運行的規律與平衡的機制，人類與其濫取、破壞後才思考復育、引進，甚至未經評估的野放，除了效果或目的令人質疑，也可能犧牲無辜小生命或有後續效應。人類在對大自然「上下其手」時，宜謹慎、深思、謙卑！</p>

表 8-4

陸、結論

- 一、條背螢一生經歷卵、幼蟲、蛹、成蟲四個階段，爲「完全變態」的昆蟲。在台灣五十餘種螢火蟲中，幼蟲水棲的僅佔三種，條背螢即爲其中之一，彌足珍貴。
- 二、條背螢偏好緩流而水草茂密的水域，有時會和黃緣螢共同生活，其棲地分布於臺灣北中南的低海拔濕地，金門亦有分佈，但整體而言並不普遍。
- 三、成蟲會將卵產在水面落葉或水草，一隻雌蟲約可產下 50 至 100 粒卵。幼蟲偏好捕食水域中的小螺，到化蛹前會爬上陸地製作土繭，躲藏其中較能躲避敵害，提高羽化成功率。成蟲發生季以五、六月份爲主，完成整個世代約需四、五個月。
- 四、幼蟲成長過程會歷經多次脫皮，在二齡之前體側佈滿棘狀突起，三齡以後才消失，據推測棘刺縫隙可夾帶空氣，有利幼蟲在水中延長停留時間。較大的幼蟲常於水面活動，甚

至有「仰漂」姿勢出現，此乃因條背螢幼蟲不具氣管鰓的構造，需利用尾端的氣孔在水面進行氣體交換。

- 五、成蟲壽命約為 10 天，交尾或產卵完畢即告死亡。雌雄求偶時，會發出閃爍螢光，彼此吸引配對，在野外的活動時間約在天黑後二、三十分鐘開始，一個半小時後逐漸減少，有些可一直持續到九點多。
- 六、台灣產螢火蟲中，外型與條背螢相類似，同屬「端黑型」者至少有三、四種，包括端黑螢、大端黑螢、邊褐端黑螢等。欲分辨其不同，可先從體型大小、棲息環境及發生季節作判斷；其次尚可細看其發光器的形狀及腹部的顏色，也可察覺其閃光頻率及顏色的差異性，做綜合判斷比較。
- 七、條背螢各個階段都會發光，其中成蟲發光的主要目的是求偶，蛹期發光則具有警戒嚇阻的作用。
- 八、條背螢的天敵和其他多數螢火蟲一樣，在野外主要是蜘蛛及一些肉食性的小昆蟲，不過真正會對其族群造成影響及危害的，還是來自於人類的開發活動對棲地造成的破壞。例如對水田噴灑農藥或轉為旱作，會直接危及田中昆蟲生存；路燈不當的設置及水田邊坡水泥化也影響成蟲求偶及幼蟲上陸；而過度開發更是直接將其棲息地徹底摧毀。因此應先從了解其生態及棲息地的保育做起，進而推廣環保意識，讓更多人明瞭螢火蟲的重要性，並珍視我們的環境，才能避免條背螢族群日益減少。

柒、參考資料及其他

- 何健鎔、朱建昇（2002）台灣賞螢地圖。台中市：晨星出版社。
- 何健鎔、朱建昇、朱建昌（1998）一種幼蟲水生螢火蟲的新發現—一條背螢。自然保育季刊 22：47- 51。
- 何健鎔、姜碧惠（2003）螢光水影-水生螢火蟲的保育與復育。南投縣：行政院農業委員會 特有生物研究保育中心。
- 何健鎔、姜碧惠（1997）台灣地區二種幼蟲水生的螢火蟲。自然保育季刊 17：42-46。
- 陳燦榮（1999）台灣螢火蟲生態導覽。台北市：田野影像出版社。
- 陳燦榮（2003）台灣螢火蟲。台北市：田野影像出版社。
- 陳燦榮、鄭明倫（2009）墾丁國家公園螢火蟲資源調查與應用。墾丁國家公園管理處。
- 賴郁雯、佐藤正孝、楊平世（1998）臺灣螢科名錄—鞘翅目：多食亞目：螢科。中華昆蟲 18: 207-215。
- 賴胤就（2003）台灣螢火蟲家族。台北縣：多識界圖書文化有限公司。
- 特有生物研究保育中心。台灣螢火蟲(鞘翅目：菊虎總科)之多樣性與其保育。
<http://tesri.coa.gov.tw/view.php?catid=1914>

【評語】 080312

- 1.針對本土物種觀察紀錄詳實，對生態保育及教育有所助益。
- 2.資料缺少定量的紀錄及分析。