

新竹市第四十屆中小學科學展覽會

作品說明書

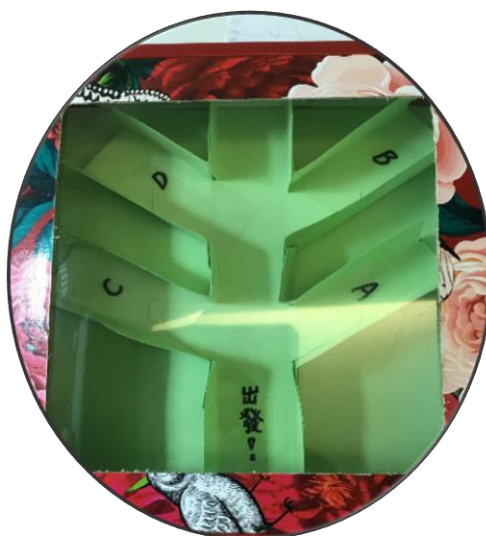
科 別：生物

組 別：國小組

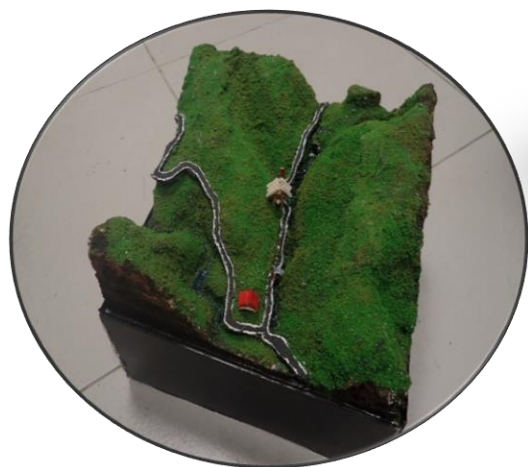
作品名稱：步步為「螢」－六寮古道螢火蟲多樣性之研究

關 鍵 詞：螢火蟲生態資源、教育推廣、六寮古道地形環境

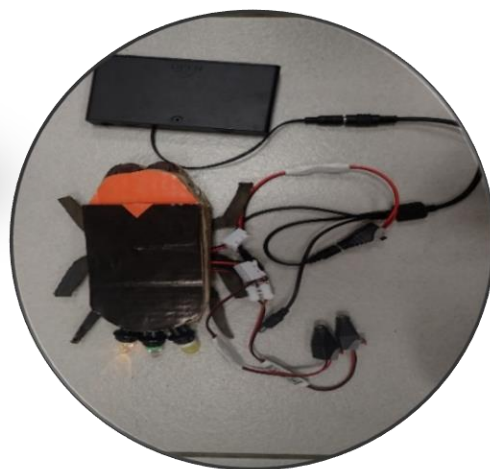
編 號：



食性探究



地形模型



發光行為

摘要

為能瞭解低海拔山區的螢火蟲資源，我們自 2021 年 4 月至 2022 年 4 月間調查新竹縣峨眉鄉地區六寮古道螢火蟲資源，共記錄 1 科 7 屬 15 種，夜行性分別為晦螢屬(*Abscondita*)的黑翅螢(黑翅晦螢)(*Abscondita cerata* Olivier,1911)※特有種、端黑螢(中華晦螢)(*Abscondita chinensis* Linnaeus,1767)、小紅黑翅螢(*Luciola satoi*)；水螢屬(*Aquatica*)的黃胸黑翅螢(*Aquatica hydrophila* Jeng,Lai & Yang,2003)※特有種/保育類物種；脈翅螢屬(*Curtos*)的黃脈翅螢(*Curtos costipennis* Gorham,1880)、紅胸脈翅螢(*Curtos ruficollis* Jeng & Chang,1998)※特有種、梭德氏脈翅螢(*Curtos sauteri* Olivier,1913)※特有種；熠螢屬(*Luciola*)的紋胸黑翅螢(紋螢)(*filiformis* Olivier,1913)、紅胸黑翅螢(*Luciola kagiana* Matsumura,1928)；窗螢屬(*Pyrocoelia*)的山窗螢(大窗螢)(*Pyrocoelia praetexta* Olivier,1911)※特有種；短角窗螢屬(*Diaphanes*)的橙螢(*Diaphanes citrinus* Olivier,1911)；垂鬚螢屬(*Stenocladius*)的雙色垂鬚螢(*Stenocladius bicoloripes* Pic,1918)。日行性分別有窗螢屬(*Pyrocoelia*)的紅胸窗螢(*Pyrocoelia formosana* Olivier,1911)※特有種、赤腹窗螢(*Pyrocoelia sanguiniventer* Olivier,1911)※特有種；櫛角螢屬(*Vesta*)的赤腹櫛角螢(*Vesta impressicollis* Fairmaire,1891)；在六寮古道發現的日行性皆為幼蟲。本研究將描述六寮古道螢火蟲物種多樣性、發生期、飼養觀察紀錄及古道地形地貌之考察，並探討其發光行為、食性及環境因子。同時也建立賞螢教育網，建議政府當局研究應研擬生態保育之對策，並進行獅頭山步道群生態多樣性教育推廣。

壹、研究動機

「啊！是螢火蟲」這是每個民眾看到螢火蟲時最自然的反應。短短的一句話，流露出大家對螢火蟲的喜愛與好奇心。每年三月中下旬至五月份是全台的賞螢熱潮，父母親們也會帶著我們去體驗這種賞螢活動，就如同一般民眾那樣散步賞螢，對螢火蟲的生態習性全然不知，再一次的六寮古道的賞螢解說導覽體驗下，才驚覺螢火蟲是種神奇的生物，引發我們對螢火蟲的好奇心。我們蒐集了許多螢火蟲相關資訊，才對於螢火蟲產生了強烈的興趣，進而引出了本科展的研究主題。

在進行我們的科展時，我們也希望讓大家更加了解螢火蟲，對牠們產生興趣外，更要保護牠們的棲息環境。我們選定了步道平緩又好走的六寮古道為我們的調查樣區，進行一整年度的實地螢火蟲生態多樣性調查，蒐集了許多資料，並將資料彙整好在網路上架設了一個關於六寮古道螢火蟲推廣教育的網站，網站內包括了六寮古道的螢火蟲基本資訊、古道地形地貌等，做為我們的對賞螢教育理念的推廣平台。

「小小螢火蟲，飛到西、飛到東；這邊亮、那邊亮，好像許多小燈籠」這是一首著名的螢火蟲童謠，詩情畫意的螢火蟲就像陸地上的星星，盡力的發光成就其短暫而閃亮的生命。螢火蟲是許多攝影愛好者與遊客喜愛追逐的夜間昆蟲，更是台灣人兒時的快樂回憶！螢火蟲是種奇妙的昆蟲，獨特的發光行為而成為眾所皆知的昆蟲之一，透過這個科展研究讓我們深入了解這種黑暗中提著小燈籠的生物。正如珍·古德所說的：「唯有了解，才會關心；唯有關心，才會行動；唯有行動，生命才会有希望。」讓我們來保護牠們的棲息地盡一份心力，讓這些在黑夜裡提燈的小生物能夠一直在台灣山林間留存下去。

貳、研究目的

一、 認識台灣螢火蟲的分類及基本資料

1. 蒐集相關螢火蟲文獻資料。
2. 製作螢火蟲調查記錄表格。

二、 新竹縣峨眉鄉六寮古道地形環境探查

1. 六寮古道環境探勘及樣區選定。
2. 準備相關研究器材。
3. 六寮古道的環境因子資料分析。
4. 製作六寮古道地形模型。

三、 探討台灣螢火蟲的生態習性

1. 進行樣區螢火蟲物種多樣性調查。
2. 製作蝸牛輪盤探討螢火蟲幼蟲的食性。
3. 製作螢火蟲成蟲發光模型。
4. 探討螢火蟲成蟲發光頻率與色澤。

四、 推廣新竹縣峨眉鄉六寮古道賞螢教育

1. 建議當地政府研擬保育環境為策與工作。
2. 架設螢火蟲推廣教育網

參、研究設備與器材

一、 螢火蟲採集觀察個體

六寮古道實地踏查所採集的物種以利觀察研究，以春夏秋三季為主要採集觀察季節，此區冬季較為濕冷，物種活躍度較低，經過辨識後以前三季採集的物種為主，故冬季時分不採集，採集物種共 15 種。(表 3-1)

春季 2~4 月份	夏季 5~7 月份	秋季 8~10 月份
黑翅螢(<i>Abscondita cerata</i>) 紅胸黑翅螢(<i>Luciola kagian</i>) 小紅黑翅螢(<i>Luciola satoi</i>) 黃胸黑翅螢(<i>Aquatica hydrophila</i>)	端黑螢(<i>Luciola anceyi</i>) 紋螢(<i>Luciola filiformis</i>) 紅胸窗螢(<i>Pyrocoelia formosana</i>) 赤腹櫛角螢(<i>Vesta impressicollis</i>) 黃脈翅螢(<i>Curtos costipennis</i>) 紅胸脈翅螢(<i>Curtos ruficollis</i>) 梭德氏脈翅螢(<i>Curtos sauteri</i>)	山窗螢(<i>Pyrocoelia praetexta</i>) 橙螢(<i>Diaphanes citrinus</i>) 赤腹窗螢(<i>Pyrocoelia sanguiniventer</i>) 雙色垂鬚螢(<i>Stenocladius bicoloripes</i>)

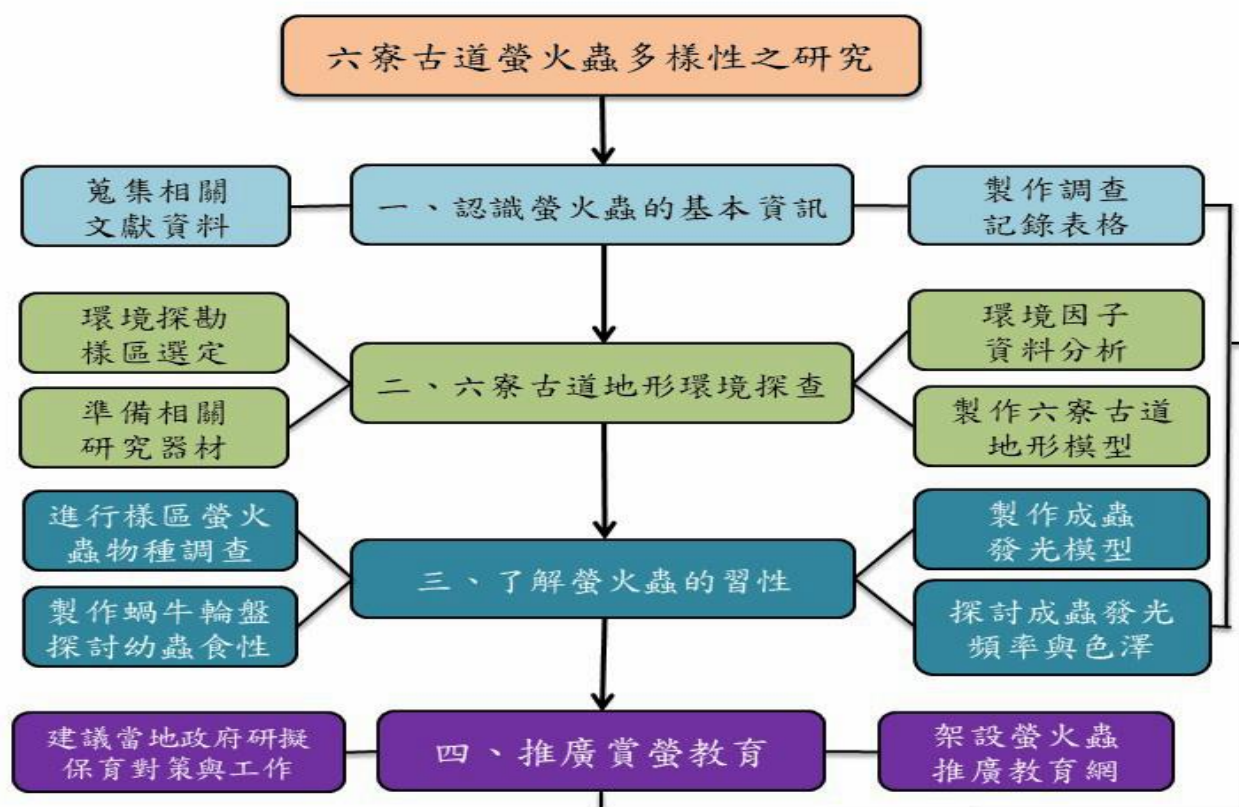
表 3-1 各季節所採集的物種

二、研究設備與用品

目的	設備與用品
1. 戶外踏查	頭燈、手電筒、捕蟲網、觀察盒、計數器、溫溼度計、土壤酸鹼度、風速器、光照度器、攝影機
2. 飼養	鑷子、噴水瓶、放大鏡、老虎鉗、尺、飼養容器、海綿、乾淨的土壤、蝸牛、苔癬植被、落葉、衛生紙、餐巾紙
3. 觀察紀錄	筆記本、電腦、手機、平板電腦、攝影機
4. 查詢資料	台灣螢火蟲、台灣賞螢地圖、台灣螢火蟲生態導覽、新竹縣螢火蟲導覽手冊、921重建地區螢火蟲生態導覽手冊、嘎嘎昆蟲網、電腦、手機、平板電腦
5. 製作模型	(1)六寮古道地形模型：保麗龍板、冰棒棍、竹籤、黏著劑、石膏、草粉、水景膏、仿真自然顏料、光纖、電腦microbit程式、保麗龍切割器。 (2)螢火蟲發光頻率模型：瓦楞紙、保麗龍膠、美工刀、LED燈、電線、電池盒、接頭、色紙、魔鬼氈。 (3)螢火蟲食性數感輪盤：瓦楞紙、西卡紙、保麗龍膠、透明塑膠片、剪刀、美工刀、紙盒、蝸牛黏液、棉花棒、山窗螢幼蟲。

肆、研究過程與方法

一、研究流程



二、認識台灣螢火蟲的分類與基本資料

(一)認識台灣螢火蟲的分類與外型特徵

螢火蟲是屬於鞘翅目螢科的昆蟲，全世界的螢火蟲超過兩千種，台灣目前已知的螢火蟲種類約有 50 餘種。螢火蟲是陸生生物中，少數能自體發光的一群，而牠們大概也是人類最熟悉的發光生物，每種螢火蟲皆有特定季節的發生期，在台灣春夏秋冬一年四季皆有螢火蟲活動。(表 4-1)

動物名	螢火蟲
學名	<i>Lampyridae</i>
分類	鞘翅目(Coleoptera)，螢科(Lampyridae)
分布	除了南北極洲及寒帶地區外，螢科在各大洲皆有分布，
形態	該科裡很多種皆能發光，但也有少部分是不發光的種類。通常具有發光器的甲蟲，就會被稱為螢火蟲。外型特徵為前胸背板發達而覆蓋著頭部的一部分，甚至完全遮住頭部，此外牠們的翅鞘上普遍具有縱向紋路的特徵。
習性	螢火蟲幼蟲是屬於肉食性，以小型節肢動物或小型蝸牛、蛞蝓、蚯蚓等軟體動物，而水生螢火蟲幼蟲則以螺貝類為主。成蟲期則發生期短，口器退化，只吸食花蜜與露水維持生命，其餘時間都花在尋找配偶為主。
行為	螢火蟲發光除了求偶外，還有禦敵、嚇阻等用途，大部分的種類則雌雄皆有發光器。發光頻率有閃光及持續光兩種。而色澤會因種類而有所差異，黃光、綠光、橘光、淡綠色等…

表 4-1 螢火蟲基本介紹

(二)六寮古道螢火蟲採集與觀察

查詢許多螢火蟲相關文獻，瞭解螢火蟲的分類、生態習性、生活環境及外部特徵後，選定新竹縣峨眉鄉六寮古道進行螢火蟲生態觀察研究，過程中除了利用目視法進行觀察外，還會用手撈網將蟲隻採集下來進行比對，選定適合的個體，帶回家進行養殖觀察，每月選定兩個假日進行實地觀察，有助於日後蒐集資料彙整使用。(圖 4-1~4-6)



圖 4-1. 選定調查樣區



圖 4-2. 進行實地觀察研究



圖 4-3. 使用手撈網採集



圖 4-4. 採集個體觀察



圖 4-5. 使用相機觀察記錄



圖 4-6. 利用圖鑑比對採集個體

(三)飼養觀察並記錄螢火蟲的構造及外部特徵

我們將採集回來的螢火蟲個體進行飼養，布置好適合的環境，撿拾大小個體適中的蝸牛，連同螢火蟲幼蟲一併放入飼養盒裡，進行飼養觀察紀錄，螢火蟲成蟲則放入微濕的衛生紙鋪墊下進行養殖觀察，並將其飼養過程紀錄。（圖 4-7~4-12）



圖 4-7 螢火蟲飼養環境布置



圖 4-8 捕抓蝸牛提供螢火蟲幼蟲食用



圖 4-9 螢火蟲幼蟲飼養觀察紀錄



圖 4-10 飼養觀察整理



圖 4-11 螢火蟲成蟲飼養環境布置

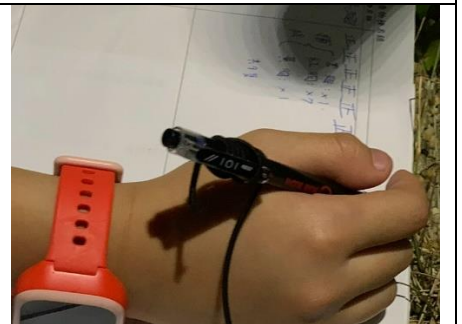


圖 4-12 螢火蟲飼養觀察記錄

三、六寮古道螢火蟲的飼養與觀察

(一)營造螢火蟲飼養環境

為了方便觀察螢火蟲的生態習性，實際野外觀察研究外，同時採集了螢火蟲成蟲與幼蟲回學校養殖觀察。因螢火蟲飼養不容易，我們模擬野外的環境進行飼養，並注意濕度的含水量，確保螢火蟲存活率，同時進行不同環境的飼養，來實驗飼養的過程。

1. 螢火蟲幼蟲飼養環境(圖 4-13~4-18)



圖 4-13 現場野地挖取植被



圖 4-14 飼養環境的布置



圖 4-15 枯葉環境



圖 4-16 植被較少的環境

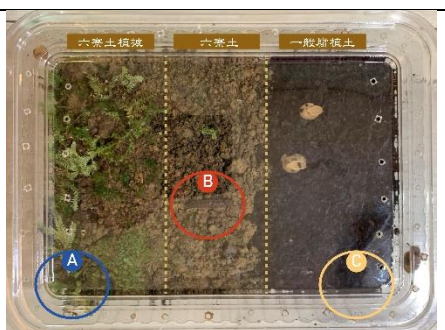


圖 4-17 不同土壤的飼養環境



圖 4-18 植物體較多的環境

2. 螢火蟲成蟲飼養

螢火蟲成蟲期短，故口器都退化掉，將大部分的時間都拿來求偶使用，為了維持身體能量所需，成蟲期間，都是以露水及蜜水為主。因此在營造成蟲的飼養環境只需要將底部衛生紙或土壤噴濕，保持一定濕度即可飼養螢火蟲成蟲。(圖 4-19~4-21)



圖 4-19 單純使用飲用水飼養



圖 4-20 加入蜜水飼養



圖 4-21 仿真土壤飼養

(二)螢火蟲與蝸牛的關聯性

實際觀察與翻閱書籍後我們了解到蝸牛與螢火蟲的關係是密不可分。螢火蟲幼蟲獵食時會先使用大顎攻擊獵物，同時注入麻痺性毒液使其癱瘓後，以大顎分泌消化液將蝸牛肉分解成肉糜狀，最後再將其吸取乾淨(圖 4-22~4-23)。



圖 4-22 幼蟲注射麻痺劑試圖麻痺蝸牛



圖 4-23 麻痺後的蝸牛就任憑幼蟲的吸食

(三)探討螢火蟲食性與食性輪盤

好奇螢火蟲幼蟲的食性（喜歡捕食何種蝸牛的觀察），製作了幼蟲食性輪盤。我們使用紙箱作為此器具的外殼，西卡紙隔開各道路並在各道路尾端放置不同種類蝸牛之黏液，並將山窗螢幼蟲放在道路的連接處，讓螢火蟲根據牠的本能去決定要往哪一邊走。

1. 製作材料（圖 4-24）



圖 4-24 瓦楞紙、西卡紙、保麗龍膠、透明塑膠片、剪刀、美工刀、紙盒、蝸牛黏液、棉花棒

2. 製作過程 (圖 4-25~4-29)

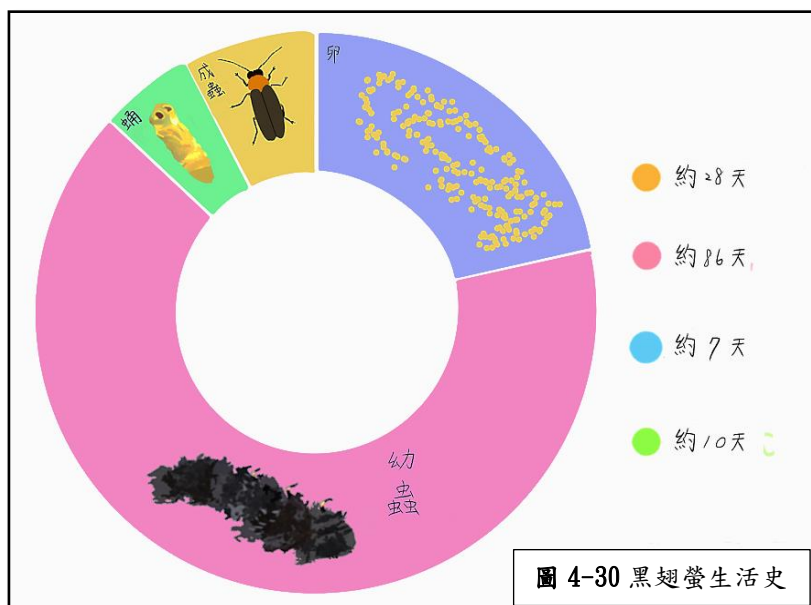
				
圖 4-25 用美工刀割下長條狀的紙板以作為步道圍牆	圖 4-26 剪刀將紙板裁成適當大小	圖 4-27 裁好後黏到事先準備的紙盒上面	圖 4-28 用西卡紙製作步道	圖 4-29 黏貼至盒子上

四、認識螢火蟲相關生態－生活史、外型特徵及發光模式

螢火蟲屬於環境指標物，對環境的乾淨度非常要求。透過實地的環境進行調查與研究，蒐集了許多寶貴的資料，如螢火蟲的基本構造、習性及種類等，選定了觀察樣區後，取得多種螢火蟲成蟲與幼蟲進行飼養與觀察。

(一) 螢火蟲的生活史(圖 4-30)

螢火蟲屬於軟翅鞘的甲蟲，會有四個階段生活史，分別是卵、幼蟲、蛹及成蟲期。經過我們實地飼養及文獻探討下，每種螢火蟲的發生期不盡相同，有些種類生活史長達兩年，如山窗螢，有些則只有短短半年就完成生活史。但大部分的種類都是一年一世代。



(二) 螢火蟲外部特徵

螢火蟲成蟲與幼蟲外貌截然不同，成蟲期外型長的很像小型蟑螂 (圖 4-31~4-34)，不同種類的幼蟲型態則有所差異 (圖 4-35~4-38)。

			
圖 4-31 黑翅螢成蟲	圖 4-32 端黑螢成蟲	圖 4-33 山窗螢成蟲	圖 4-34 橙螢成蟲
			
圖 4-35 黑翅螢幼蟲	圖 4-36 山窗螢幼蟲	圖 4-37 雙色垂鬚螢幼蟲	圖 4-38 赤腹櫛角螢幼蟲

(1)螢火蟲成蟲外部特徵分為雌雄同型及雌雄不同型兩種，雌雄同型則是雌雄的外型特徵幾乎一模一樣，唯一差別在於腹部的發光器數量，雄蟲兩排光，雌蟲一排光，體型大小也有差異性，多半都是雌蟲較大，雄蟲較小。雌雄不同型則是雄蟲具有完整的翅膀，可以飛行，雌蟲則翅膀退化，只能在草叢間活動。(圖 4-39~4-40)

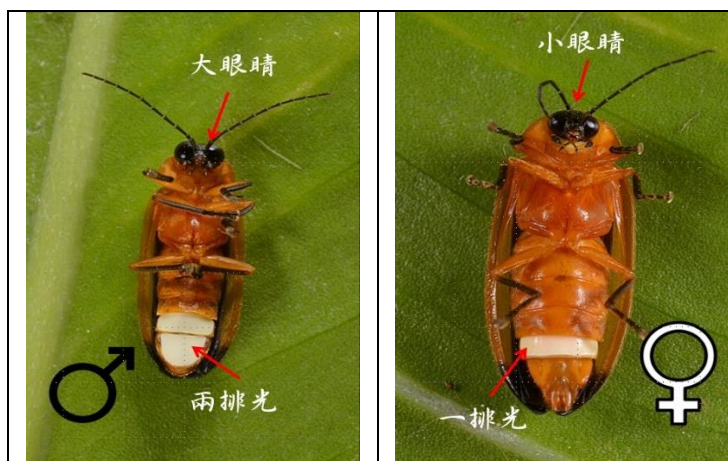


圖 4-39 大端黑螢外部型態（公、母）雌雄同型



圖 4-40 山窗螢成蟲外部型態（雌雄不同型）

(三)研究螢火蟲的發光頻率與色澤

實際飼養與觀察後，我們發現大多數螢火蟲為黃綠色光（如窗螢屬、晦螢屬等），有部分是橙黃或橙紅色光（如端黑螢、紅胸黑翅螢等），另外，不同螢火蟲的發光頻率也不相同。如窗螢科是持續光，而晦螢屬則是閃爍光。在觀察螢火蟲的發光色澤及頻率後，我們決定製作這三種螢火蟲發光模型。（圖 4-41~4-43）



圖 4-41 黑翅螢發光頻率，橘黃光，發光頻率偏快，大約 1~2 秒一閃

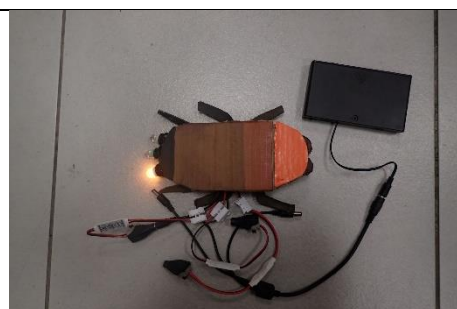


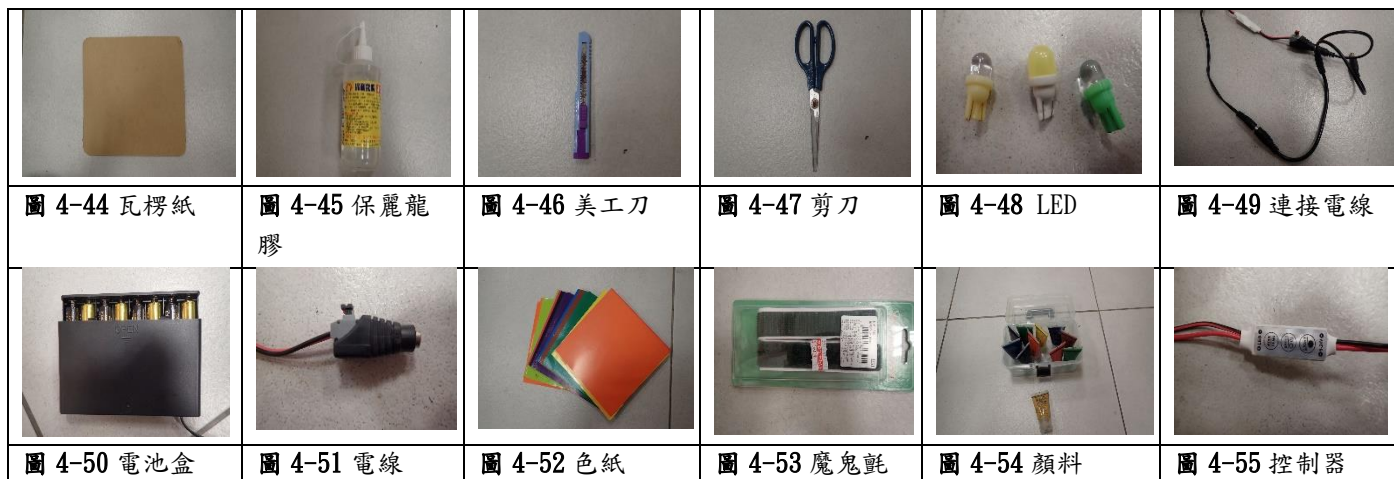
圖 4-42 端黑螢發光頻率，黃色光，頻率快於黑翅螢



圖 4-43 山窗螢發光頻率，綠色光，為不閃(頻率)

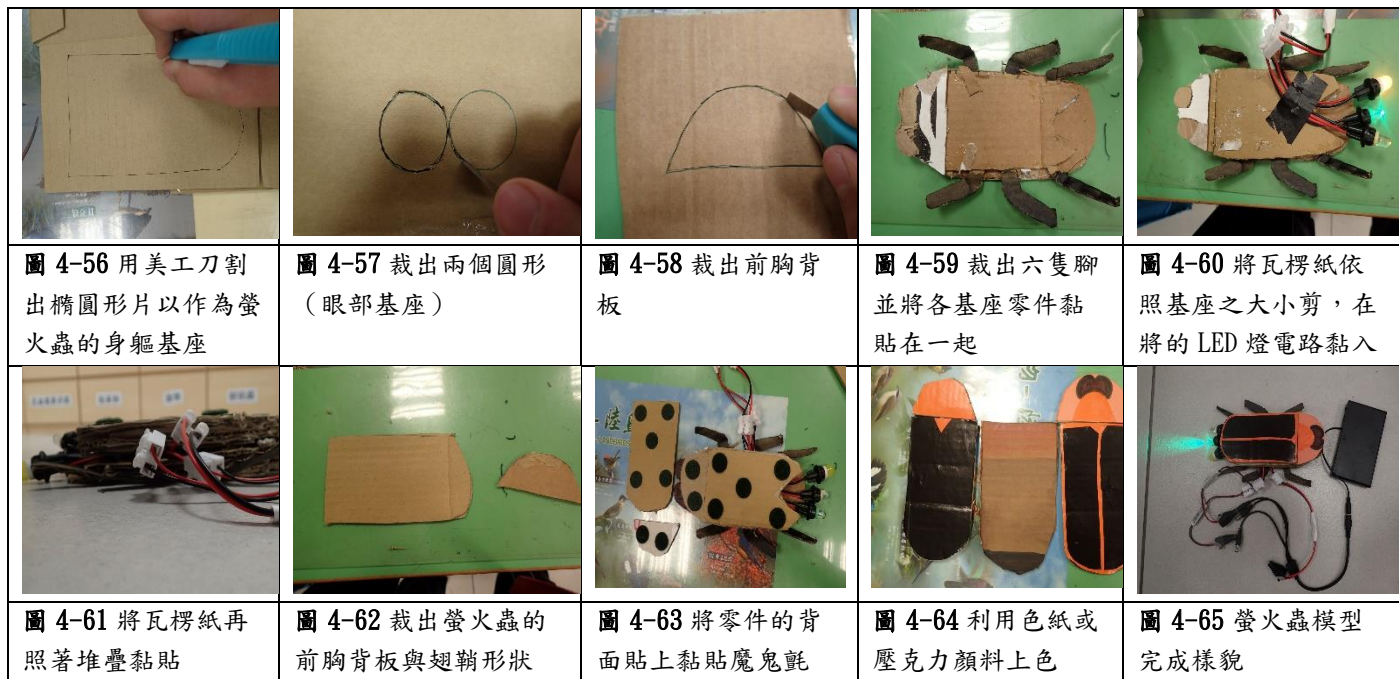
(四)製作螢火蟲發光頻率模型

1. 製作材料(圖 4-44~4-55)



2. 製作過程 (圖 4-56~4-65)

為了讓我們對螢火蟲的發光頻率能更加得清楚，製作了螢火蟲 LED 發光模型。主體材料瓦楞紙，將其一層層的堆疊黏貼起來，接著將魔鬼氈黏貼在要更換的零件上，以便替換不同的前胸背板和翅鞘，接著將各段電線透過接頭連接。最後將 LED 燈組與模型連接組合。此燈組一共有三種不同顏色的 LED 燈，其目的要表達三種不同螢火蟲的光澤與頻率。



備註：底部的下面的基座及最上面的翅鞘要為正常圓弧狀，不必挖洞（較為美觀）

五、六寮古道環境與地形

（一）探查六寮古道的前世今生（圖 4-66）

查閱資訊後發現「六寮」是指「第六個隘寮」的意思，屬峨眉鄉七星村，早期為原住民所有，道光十四年（1834 年），粵籍姜秀巒與閩籍周邦正合組「金廣福」墾號，進入北埔、峨眉、寶山等地山區拓墾，建立三十六處隘寮，以防原住民的攻擊。六寮古道是百年前北埔、峨眉到南庄的老路，因南庄煤礦業沒落，產業道路的開通，這些古道在民國 70 年後就不再有行走，2005 年國家風景區管理處加以整理，成為獅頭山地區重要的步道之一。

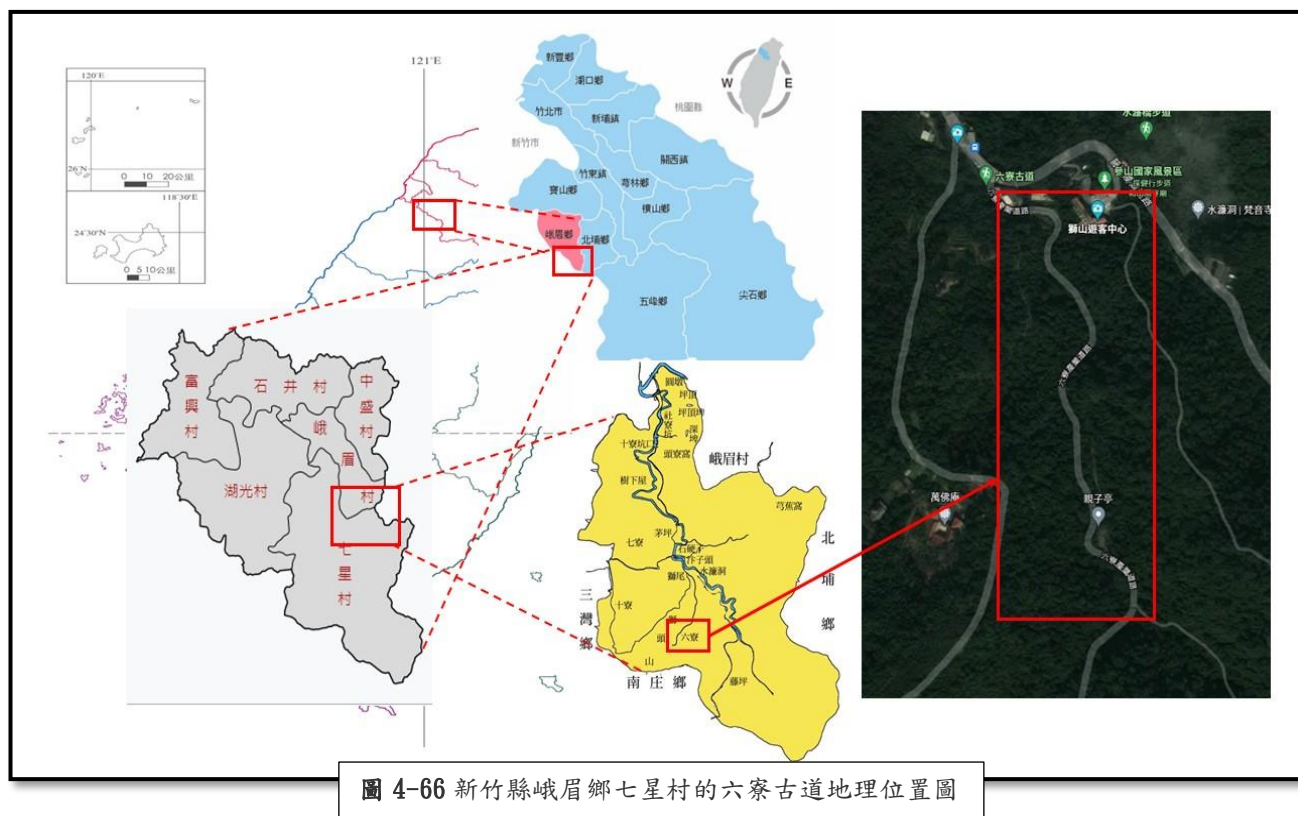


圖 4-66 新竹縣峨眉鄉七星村的六寮古道地理位置圖

(二) 探討六寮古道的地形地貌

六寮古道位於海拔 153 至 180 之間，左邊有溪流貫穿整個山谷，形成一個典型的溪谷地形。兩側為 270 公尺以下的山丘，東南方為山頂，地勢較高，中間為澗溪所構成的地形，所以溪水會往西北角流出。這種地形時常出現於崗地、低山丘陵等地區。柏油路旁的淙淙水流則是六寮溪，是北坑溪於獅山地區的支流。這裡的溪谷還有特殊的壺穴地形，壺穴是在河流上游經常出現的一種地形特徵。由於河水流量帶動石塊向下流動，遇上河床岩石凹處時被水流帶動而打轉，經歷長時間磨穿後，形成圓形孔洞。

(圖 4-67)

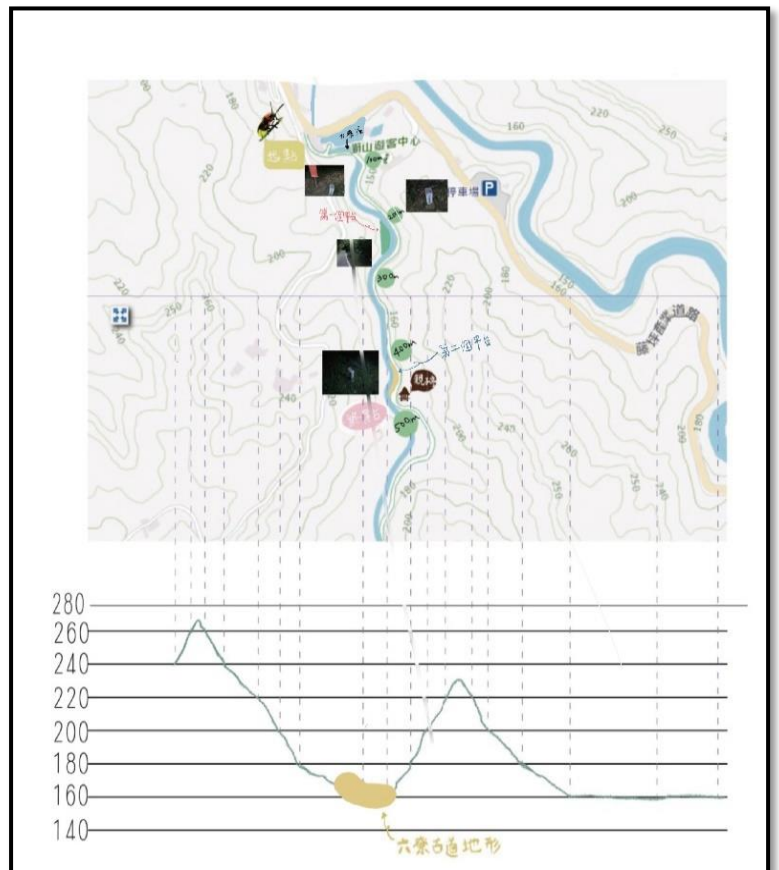


圖 4-67 六寮古道海拔位於 153~180 公尺之間

(三) 調查範圍樣區的介紹

我們調查的路線長度共 500 公尺，分四個樣區，採穿越線調查方式，進行六寮古道螢火蟲多樣性之研究。每個樣區的环境型態皆不同，生物資源豐富且多樣。第一段因較接近住宅區，人為活動及光害較嚴重，此區螢火蟲較少；第一段與第二段的交界處有一個廣闊的平台，減少了干擾與光害，螢況比第一段好，本段的左邊有緩坡地，常發現幼蟲在上面活動，土壤 pH 值大約是 6~8 左右，屬偏弱鹼性；第二段和第三段的交界處有一座石橋，過石橋後，有一個平台，平台邊的草叢中常發現許多幼蟲在此活動。第三段是路段螢火蟲活動最高的區域，尾段有一個平台，平台旁有茂密的樹叢，許多成蟲及幼蟲都棲息在這，是賞螢的重點區域。第四段的螢火蟲數量僅次於第三段，此段的林蔭遮蔽率相當高，潮濕陰涼，道路兩旁的草叢中常發現螢火蟲在活動。是十分適合螢火蟲棲居，沿著小徑走，最終會看到一個紅色告示牌，也是藤坪步道登山口，是我們踏查路線的終點，在四月底時，此區域螢況非常好。(圖 4-68~4-75)



圖 4-68 第一段的起點，以陸橋為開端，此區接近住宅，人為干擾較高



圖 4-69 第一段的終點為有一座平台，上為道路，屬於較向陽的環境



圖 4-70 第二段的起點，有一座石橋，是萬佛庵登山口，過橋後有一個木製平台，林蔭遮蔽較高



圖 4-71 第二段以木椅為終點，此區域的泥地土壤是偏鹼性，PH 值大約是 6~8

圖 4-72 第三段為木椅前有 個休憩平台，此平台鄰近六 寮溪，適合親水的地方	圖 4-73 第三段終點有個親 子亭，提供休息的地方，後 方有個步道連接獅山步道	圖 4-74 第四段起點為開闊 的環境，提供車輛會車及迴 轉的位置	圖 4-75 第四段的終點為藤 坪步道登山口，整條區域比 較林蔭，遮陰率相較於其他 段來的高

(四) 六寮古道環境調查器材

透過儀器的檢測，可以有效的紀錄樣區的各種環境因子，並推測出六寮古道的環境與螢火蟲活動的關聯性。(圖 4-76~4-78)

圖 4-76 溫濕度計	圖 4-77 風速計	圖 4-78 土壤檢測儀

(五) 六寮古道等高線圖及模型製作說明書

1. 地形模擬製作

在查詢相關地形地貌的資料後，我們將 Google Map 地圖轉成等高線圖。等高線是將地圖等高的地方連成閉合曲線，在等高線上的標註則是海拔高度。我們為了把六寮古道的地形位置標出，畫了海拔 140m~280m 的線段。排法是從底部開始，數字慢慢增加，以 140m 在最底部，而 280m 在最上層。接著在等高線圖上六寮古道所在的位置畫一條線，把經過的等高線海拔對應在每一條線上。最後把線連起來，就像把長條圖連成折線圖一樣連成一條條直線後，將山峰、山腰以及山谷的坡度降緩些，形成山坡狀的等高線地形圖。(圖 4-79~4-80)

圖 4-79 六寮古道等高線圖	圖 4-80 六寮古道地形模擬模型

2. 樣區路線是按照我們探究六寮古道地形上分四段作為樣區分隔標記。(圖 4-81~4-84)

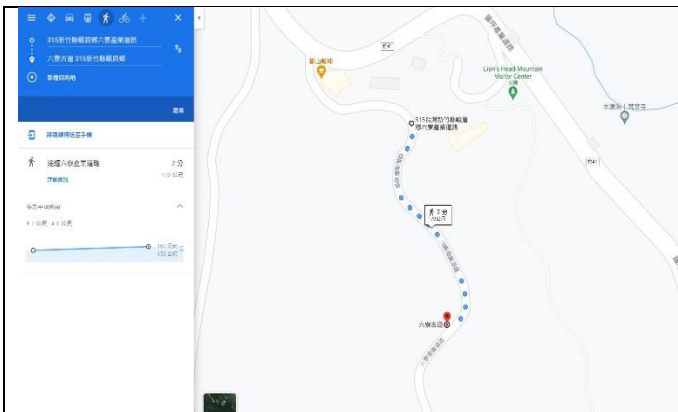


圖 4-81 第一段陸橋到第一平台

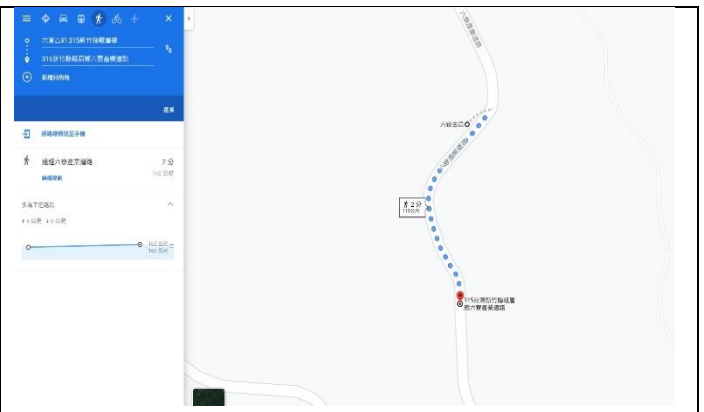


圖 4-82 第二段石橋到木椅

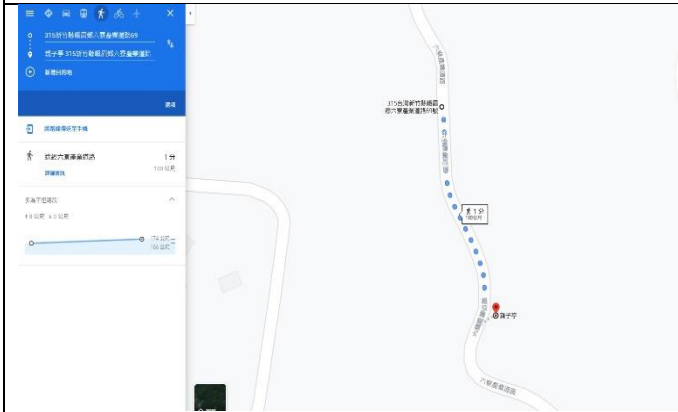


圖 4-83 第三段木椅到親子亭

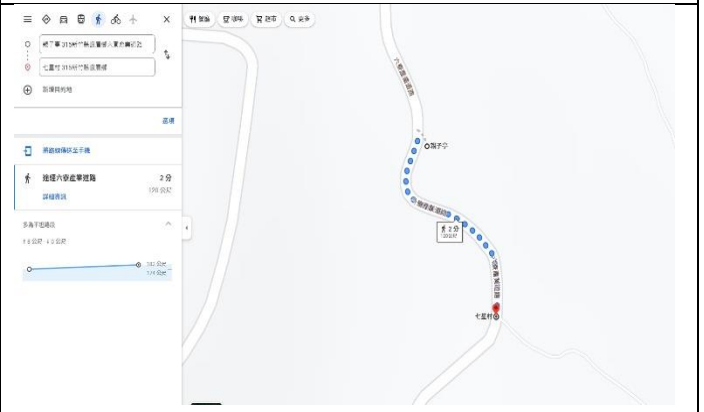


圖 4-84 第四段涼亭到藤坪步道登山口

3. 六寮古道地形製作材料與製作過程

(1)地形模擬模型製作材料(圖 4-85~4-96)



圖 4-85 保麗龍板



圖 4-86 膠水、白膠



圖 4-87 石膏



圖 4-88 草粉、水景膏和仿真自然顏料



圖 4-89 冰棒棍、竹籤



圖 4-90 光纖



圖 5-91 LED 發光二極體



圖 4-92 電線

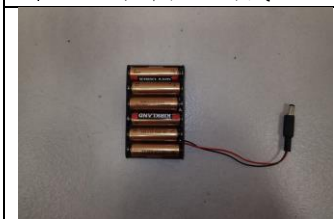


圖 4-93 電池盒

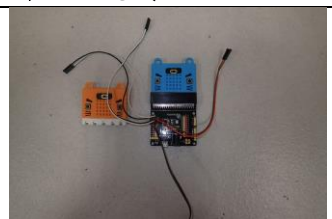


圖 4-94 microbit 零件

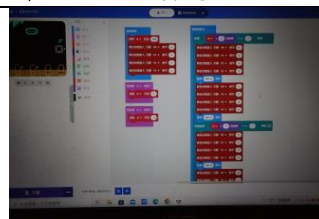


圖 4-95 microbit 程式



圖 4-96 保麗龍切割器

(2)六寮古道地形模型製作步驟 (圖 4-97~4-116)

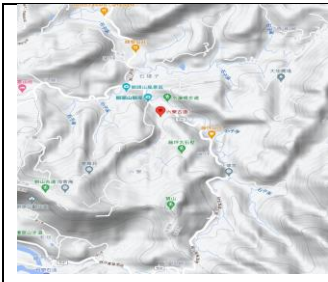


圖 4-97 參考 Google Maps 的地圖

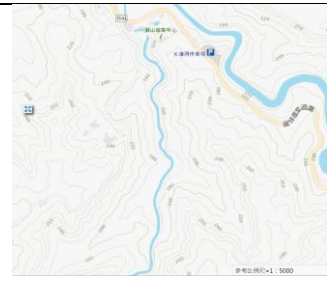


圖 4-98 轉成等高線圖(參考 Google Maps 的資料)



圖 4-99 手描一張同一高度的等高線



圖 4-100 將手繪稿貼在保麗龍板上，切割下來



圖 4-101 從最低(海拔 140m)為基底，向上依序黏貼到最高 280m，並畫上流



圖 4-102 調勻石膏粉，使它變成糊狀



圖 4-103 將石膏塗滿保麗龍之見的空隙



圖 4-104 等石膏乾了，塗上泥土色的仿真顏料



圖 4-105 等泥膏乾了，抹上白膠



圖 4-106 趁白膠乾之前，撒上樹粉、草粉。兩種顏色交錯上色



圖 4-107 塗抹水景膏，製作河流



圖 4-108 製作水泥路，用立可白模仿馬路旁的白線



圖 4-109 使用利器在石膏上挖洞，埋入電線、裝入 LED 燈



圖 4-110 切割 PP 版，美化底座



圖 4-111 塗模型用土泥，混和水彩



圖 4-112 進行土層塗色，塗上漸層色，使地層更逼真



圖 4-113 在剛才弄的 LED 燈上面接上光纖



圖 4-114 把 LED 燈下的接頭連接 microbit

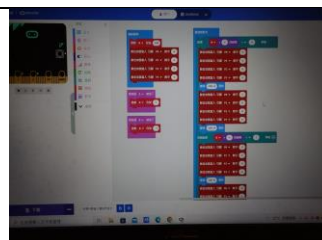


圖 4-115 將 microbit 連上程式



圖 4-116 做完袖珍的小屋，告示牌，親子亭，碎石階梯以及木椅

伍、研究結果

一、 六寮古道地形環境探查

(一) 環境探勘樣區選定

我們選擇了六寮古道作為踏查樣區是因為六寮古道的環境十分多元，步道口還有公廁提供民眾使用，進入步道後一邊是山壁一邊則是六寮溪，加上道路寬闊平緩，行走舒服、無路燈、環境乾淨且無汙染等因素，因此選定此區域做為我們科展的研究樣區。螢火蟲只能生存在環境好、濕潤且沒有干擾和汙染的地方，而六寮古道正符合我們的需求。

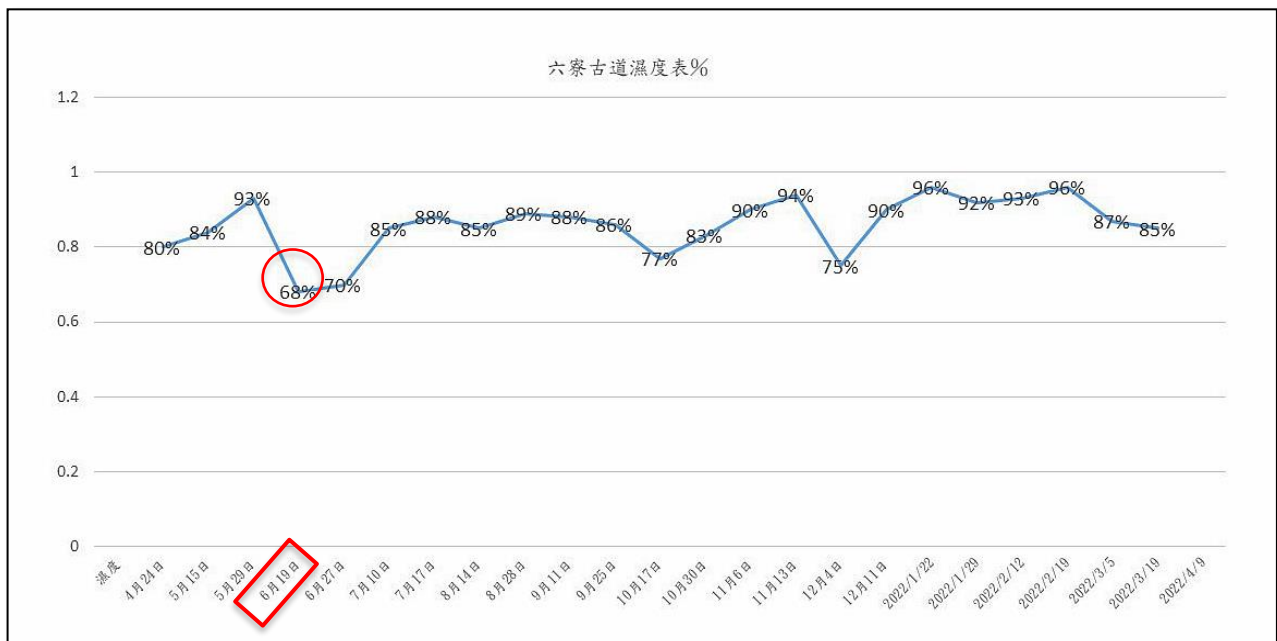
(二) 環境因子資料分析

1. 六寮古道的溫度



經過一年的觀察紀錄，2/19 冬季寒流來襲為最低溫的 11 度，夏季的 6/19 號的 32 度。整體來說溫度是隨著一年四季有所變化，最低峰有兩個，分別在 12/4 (14 度) 和 2/19 (11 度)，高溫則不超過 32 度，低溫則不低於 10 度，六寮古道年均溫為 23.6 度。

2. 六寮古道的溼度



經過一年的觀察紀錄，濕度落都很平均，只有六月份較乾，六月份則進入夏季，雨量較少，整體較為乾燥，年均濕度落在 86%，2021 年年降雨為 1648 毫米。

3. 六寮古道的風速



經過一年的觀察記錄下，整體古道內的風量不大，最大風力也只有 1.2m/左右，其餘月分都低於 0.8m/s 以下。可能在於六寮古道屬於山谷地形，風進不來此環境，才會造就出這裡的屬於潮濕陰涼的環境。

(三) 六寮古道環境土壤分析

土壤 pH 被認為是土壤中的主要變量，因為它控制土壤許多化學分子的組成，大多數植物的最佳 pH 範圍在 5.5 和 7.0 之間，為了解環境的土質酸鹼性、溼度等。能以準確的分析，我們透過土壤檢測儀器檢測選定五段區域測試。整體環境的土壤都是中性，很適合植物生長，有幾處較溼滑的環境則是偏酸性。我們總共測試了兩次土壤酸鹼值，分別為夏季的 8/14 日及春季的 3/5 日兩次。（圖 5-1~5-5）

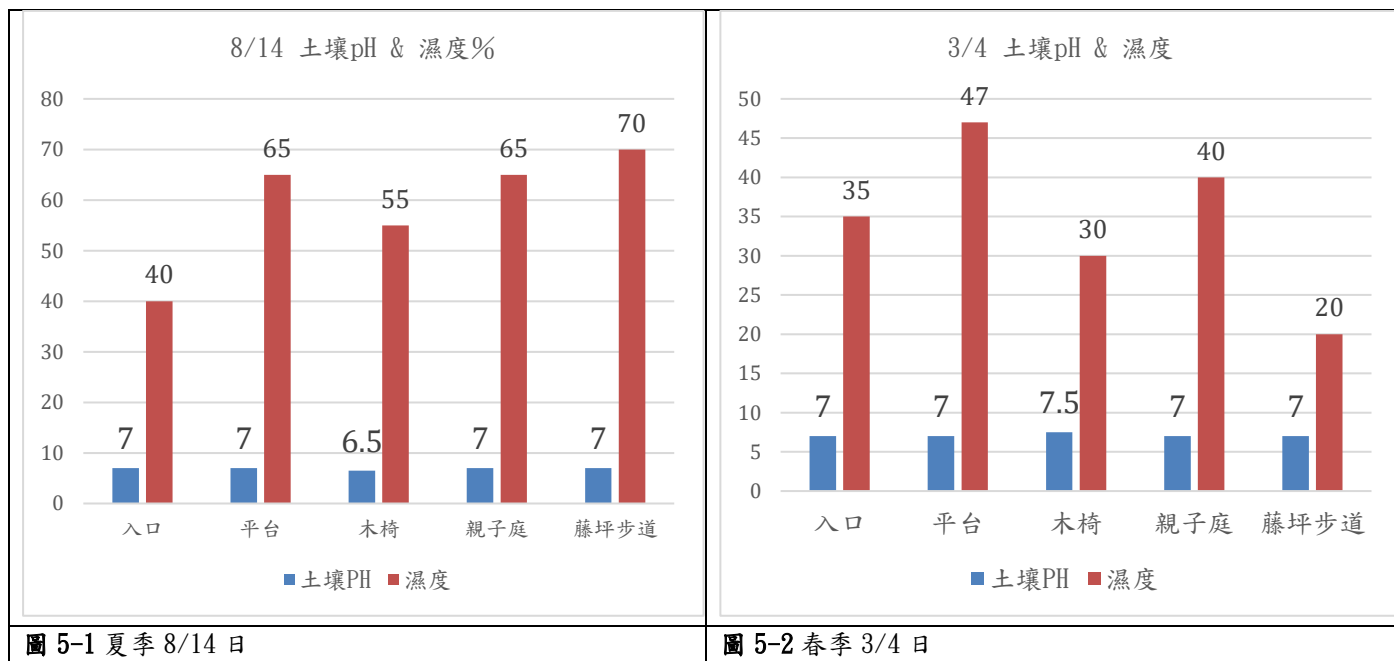


圖 5-1 夏季 8/14 日

圖 5-2 春季 3/4 日

二、 六寮古道的螢火蟲生態習性

(一) 進行樣區螢火蟲物種調查

經過一整年的實地六寮古道的螢火蟲物種調查，我們共紀錄了 1 科 7 屬 15 種螢火蟲，分類表如下：（圖 5-3~5-17）

熠螢屬	晦螢屬	窗螢屬	脈翅螢屬	櫛角螢屬	短角窗螢屬	垂鬚螢屬
紅胸黑翅螢 (<i>Luciola kagian</i>) 小紅胸黑翅螢 (<i>Luciola satoi</i>) 黃胸黑翅螢 (<i>Aquatica hydrophila</i>) 紋胸黑翅螢 (<i>Luciola filiformis</i>)	端黑螢 (中華晦螢) (<i>Luciola anceyi</i>) 黑翅螢 (黑翅晦螢) (<i>Abscondita cerata</i>)	紅胸窗螢 (<i>Pyrocoelia formosana</i>) 山窗螢 (<i>Pyrocoelia praetexta</i>) 赤腹窗螢 (<i>Pyrocoelia sanguiniventer</i>)	黃脈翅螢 (<i>Curtos costipennis</i>) 紅胸脈翅螢 (<i>Curtos ruficollis</i>) 梭德氏脈翅螢 (<i>Curtos sauteri</i>)	赤腹櫛角螢 (<i>Vestaimpressicollis</i>)	橙螢 (<i>Diaphanes citrinus</i>)	雙色垂鬚螢 (<i>Stenocladius bicoloripes</i>)
						
圖 5-3 黃胸黑翅螢	圖 5-4 黑翅螢	圖 5-5 紅胸黑翅螢	圖 5-6 小紅胸黑翅螢	圖 5-7 紋胸黑翅螢		
						
圖 5-8 端黑螢	圖 5-9 梭德氏脈翅螢	圖 5-10 紅胸脈翅螢	圖 5-11 黃胸脈翅螢	圖 5-12 雙色垂鬚螢		
						
圖 5-13 紅胸窗螢	圖 5-14 赤腹窗螢	圖 5-15 赤腹櫛角螢	圖 5-16 橙螢	圖 5-17 山窗螢		

(二) 探討蝸牛輪盤探討幼蟲習性

好奇螢火蟲幼蟲的食性（喜歡捕食何種蝸牛），製作了幼蟲食性輪盤，我們使用紙箱作為此器具的外殼，利用西卡紙隔開各道路並在各道路尾端放置不同種類蝸牛之黏液，並將山窗螢幼蟲放在道路的連接處，在觀察幼蟲的行走狀況。在過程中發生許多問題，例如螢火蟲會爬出紙箱，在頂端加入透明塑膠蓋後，幼蟲有時仍遊走不定，有時在原地停滯不動。最後結果為實驗失敗，我們推斷是因為也許是蝸牛黏液不夠濃稠或是跟野外環境的某些因素不一樣（如氣味蹤跡）。（圖 5-18~5-20）



圖 5-18 幼蟲會爬出觀察盒



圖 5-19 幼蟲整理尾足



圖 5-20 幼蟲於步道內徘徊不定

(三) 製作成蟲發光模型 (圖 5-21~5-23)

在六寮古道踏查樣區發現了許多種類的螢火蟲，因此我們製作此模型的主要目的是幫助我們整合螢火蟲的發光頻率與色澤，主要針對春、夏、秋季的三大主要螢火蟲種類，春季為黑翅螢，夏季為端黑螢，秋季為山窗螢，冬季則無成蟲活動。因螢火蟲蟲體較小，製作此模型也能幫助我們了解螢火蟲的蟲體構造，放大的模型也讓我們更了解螢火蟲的發光效果。



圖 5-21 黑翅螢發光色澤與頻率。



圖 5-22 端黑螢發光色澤與頻率。



圖 5-23 山窗螢發光色澤與頻率。

(四) 探討成蟲發光頻率與色澤

螢火蟲之發光樣式會因種類而異，熠螢屬、窗螢屬和垂鬚螢屬大多數發綠色光；脈翅螢屬大多發綠色光。六寮古道有許多種類的螢火蟲，其中以黑翅螢、端黑螢與山窗螢為族群數最大的三大族群，因此我們以這三種為主要模擬的對象。(圖 5-24~5-26)

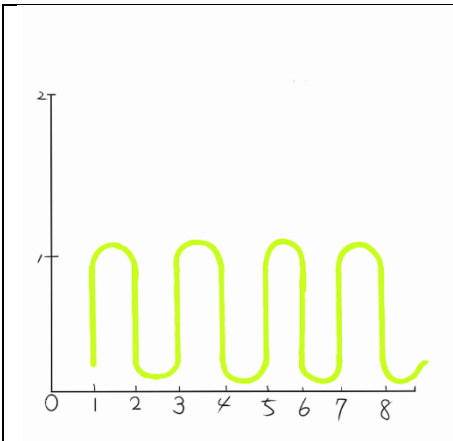


圖 5-24 黑翅螢發光頻率波長，色澤為橘黃色，發光一秒閃一下，之後會有兩下閃得特別慢，橫跨了兩秒

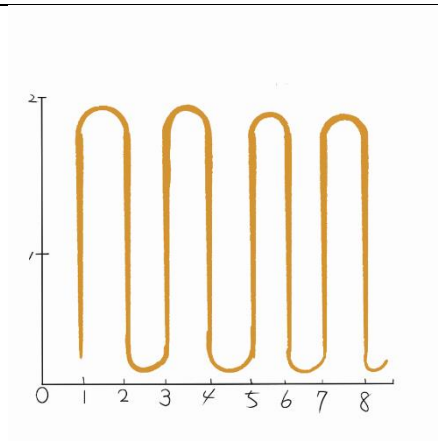


圖 5-25 端黑螢發光頻率波長色澤為黃色，發光頻率略快於黑翅螢。

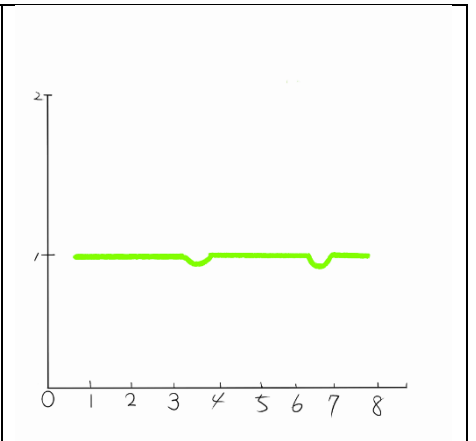


圖 5-26 山窗螢發光頻率波長色澤為綠色，發光頻率發光頻率較為複雜，為漸層式。慢慢漸強(大約 2~3 秒)，再慢慢漸弱(大約 2~3 秒)，卻不熄滅

(五) 螢火蟲成蟲與幼蟲的採集飼養探討

(1) 經過一整年的調查，我們共採集了 15 種螢火蟲種類，共 183 隻，有成蟲、幼蟲甚至還有蛹，其目的能透過飼養的方式來觀察研究螢火蟲的生活習性，並驗證我們所查閱的資料。(圖 5-27)

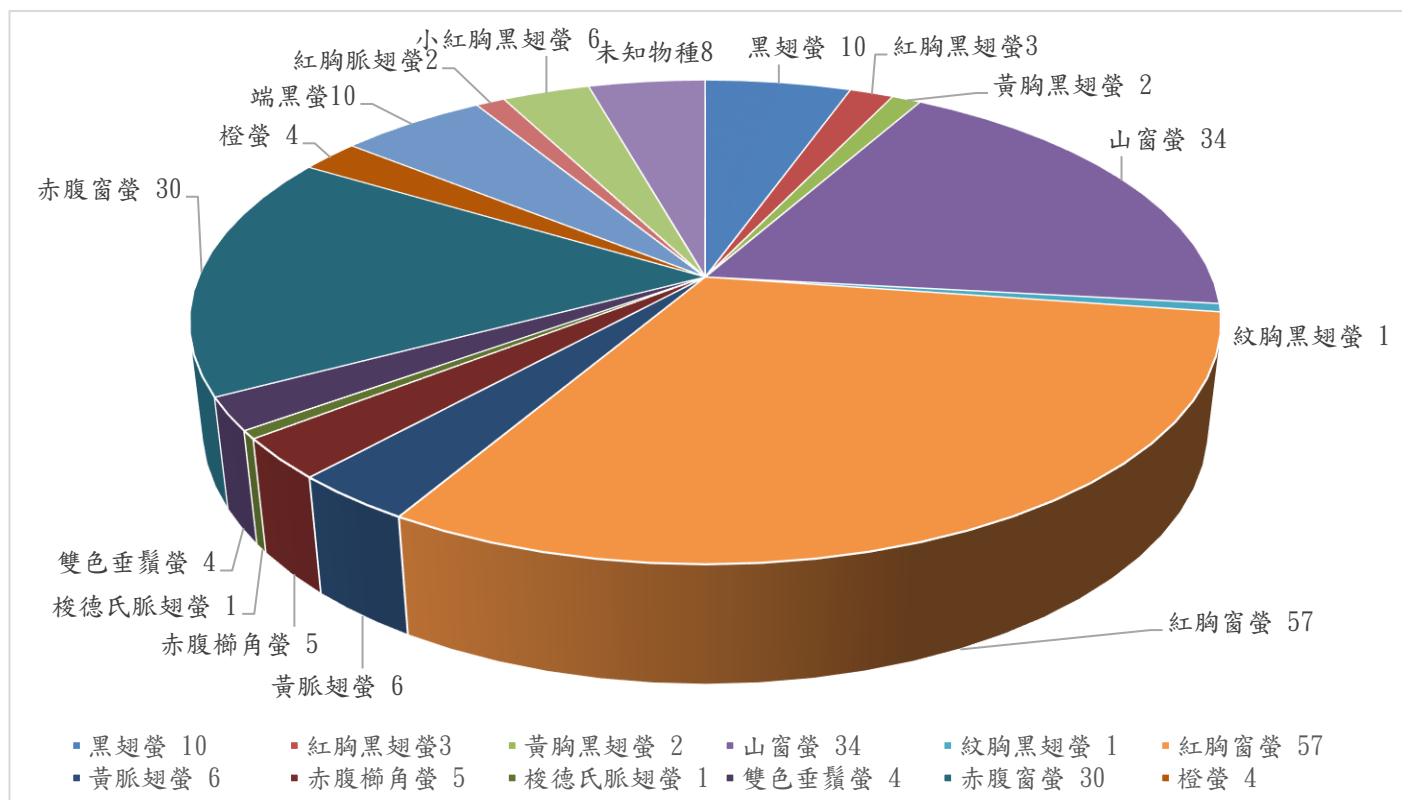


圖 5-27 六寮古道螢火蟲採集數量

(2)螢火蟲的飼養相較於其他種類的昆蟲難易度極高，環境的要求及溫溼度等因素，不同種類所需的條件皆不同，經過一年的觀察下，我們在六寮古道採集了 15 種螢火蟲，成蟲幼蟲皆有，透過飼養的過程更讓我們了解螢火蟲的生態習性。但很多個體經過飼養後，在不可抗力的情況下死亡率相當高，這也讓我們在飼養的過程充滿挫折，是蟲體本身就不健康呢？還是因為我們飼養的方式不對，都值得我們去探討，且螢火蟲大部分的個體都屬於一年一世代，幼蟲期特別長，飼養的過程需花費大量的時間，環境的掌握度不夠，蟲隻就非常容易死亡。（表 5-1）

種類	數量	日期/飼養過程
黑翅螢	成蟲 1 幼蟲 1 	1. 成蟲於 4/24 採集飼養至 5/2 日死亡 2. 幼蟲於 12/24 採集，隨後躲在土壤層裡兩天；12/29 第一次觀察進食狀況（冷凍的螞蟻）；2 月中左右再次躲進土壤層，在於這個月份低溫；經過兩個月至 3/5 的飼養觀察，進食狀況佳，體型已長大不少 
山窗螢	成蟲 3、幼蟲 10  	1. 成蟲(1 號)11/13 採集飼養至 11/21 日死亡，共計 8 日 2. 成蟲(2 號)11/13 採集飼養至 11/19 日死亡，共計 6 日 3. 成蟲(3 號)11/13 採集飼養至 11/22 日死亡，共計 9 日 4. 幼蟲(1、2、3、4、5、6、8 號)8/14 採集飼養至 10/1 日死亡，共計 48 日。死亡原因判定是環境過於潮濕，感染黑僵菌。 5. 幼蟲(9 號)於 8/14 採集，飼養共計 85 天於 11/7 日化蛹，並順利與 3 號雄蟲交配，時間長達 13 分鐘，11/29 雌蟲順利產下 60 顆卵。 6. 幼蟲(10 號)於 9/11 採集，飼養共計 68 天於 11/18 日化蛹，12/1 日羽化，共計 19 日，12/9 日產下未受精卵 16 顆，12/10 日又產下 9 顆卵，共計 27 顆。

紅胸黑翅螢	成蟲 1 	4/26 觀察到其尾部有一點綠色光點，不是發光器。3/3 死亡
黃脈翅螢	成蟲 1 	5/15 採集，飼養觀察於 5/27 日死亡，共計 12 日
紋胸黑翅螢	成蟲 1 	5/15 採集，飼養觀察於 5/25 日死亡，共計 10 日
端黑螢	成蟲(雄 2、雌 2) 幼蟲 1 	1. 雄蟲(1 號)於 6/27 採集，飼養觀察於 7/4 與雌蟲(1 號)交配後死亡。 2. 雌蟲(1 號)於 6/27 採集，於 7/4 合計產下受精卵 20~30 顆，死亡 3. 雌蟲(2 號)於 7/4 合計產下受精卵 20~30 顆，7/26 死亡 
赤腹櫛角螢	幼蟲 4 	1. 幼蟲(1 號)於 8/14 採集，原因推測是因為被寄生菌類身，因為牠的身體成現黑色，背部上也長有白色斑點 2. 幼蟲(2 號)目前存活中。 3. 幼蟲(3 號)觀察到其大顎，但其大顎是沒有連接在頭部上的，目前仍無法判斷牠的食性是什麼。 4. 幼蟲(4 號)目前存活中。
雙色垂鬚螢	雌蟲 1、幼蟲 2 	1. 雌蟲(1 號)於 11/6 日採集，11/14 發現雙色垂鬚螢的雌蟲是有大顎的，11/19 死亡，共計 13 日 2. 幼蟲(1 號)於 9/25 採集，飼養觀察 9/28 補吃蚯蚓；10/3 自從吃了蚯蚓，就不在鑽入土裡，因此可推測是因為要找蚯蚓才鑽入土層，10/4 日死亡，共計 9 日 
紅胸窗螢	幼蟲 7 	1. 紅胸窗螢蛹於 3/5 日採集，3/8 日顏色轉為粉黃色，3/11 翅膀轉為淡黑色，3/13 翅膀及上半身轉為深黑色，腹部呈現赤紅色，於 3/14 凌晨羽化。 2. 幼蟲共採集了七隻，在飼養的過程中狀況不佳相繼死亡。 

赤腹窗螢	幼蟲 3	1. 7/10 採集三隻，飼養的過程中不是很順利個體相繼死亡。 
橙螢	雌蟲 2；雄蟲 1 	1. 11/6 日發現兩隻雌蟲，於 11/20 產下 17 顆卵，隨即死亡；第二隻則在 11/18 日死亡。 2. 雄蟲於 10/30 採集，於 11/12 日死亡。 

三、 推廣六寮古道賞螢教育網

(一) 建議當地政府研擬保育對策與工作

螢火蟲的棲地常見於道路兩側草叢，嚴重的光害會影響整個螢火蟲族群繁衍，在成蟲活動期間，進行燈火管制，以入夜後 2 小時進行關閉為佳，道路兩側除草須避開賞螢季，以當地情形為例，除草時段建議在過年期間提前進行除草，草的高度保留 5~10cm 左右，除下來的草保留在原處，以增加腐植層的肥沃與厚度。此外，願意參與守護的居民可自組巡守隊，掌握六寮古道螢火蟲的活動期輪班巡視，避免不當的捕抓與干擾。遊客在進行導覽時，嚴格宣導賞螢規範，呼籲遵守「不抓」、「不燈照」、「不踏入草叢」等行為，夜間輔助燈具則以手電筒罩上紅色玻璃紙進行路面照明。此外，針對賞螢活動我們建議以分流方式來控管人數，來改善賞螢品質也維護當地生態環境。目前古道現況良好，螢況佳，以維持現狀為主。

(二) 架設六寮古道螢火蟲推廣教育網

在對於螢火蟲有了一點基礎概念後，我們也想要讓大眾對螢火蟲有更多的認識，在經過多次討論後，決定以網站的方式來介紹這個美麗又神秘的物種。我們將整個網站分為三個方向：螢火蟲種類介紹、六寮古道的環境特色及推廣賞螢教育，螢火蟲介紹主要是在略述螢火蟲的生態知識及外部構造；六寮古道環境特色部分則是在分析古道環境與螢火蟲的關係；推廣賞螢教育在於賞螢的基本須知及賞螢必備物品，也敘述了我們的理念。希望大家在了解螢火蟲後能為螢火蟲保育盡一份心力！（圖 5-27~5-28）



哇！原來螢火蟲的短暫發光，背後蘊含的化學反應正在發生！透過老師的介紹，我們了解到螢火蟲的發光原理我們了解到這樣的現象後，對螢火蟲產生了強烈的興趣，進而引出了本科展的主題。



六寮古道的前世今生

六寮早期為原住民與漢人所有，僅於十四年（1834年），先民在此建立三十六處隘寮，防範原住民的攻擊，六寮則是「第六個隘寮」。而六寮古道是連年開闢的隘寮，因原住民與漢人的開闢，讓古道逐漸不再有人行走，2005年政府加以整建後，成為關山地區的休閒步徑之一。

*點擊上方圖片可前往詳細介紹！



六寮古道的環境與生態

六寮古道的環境十分多元，有長有許多樟樹及蕁麻的樟林，灌木叢和大量的伴生植物伴隨，一條小溪流，有石礫，有苔蘚，有蕨類植物的環境，這裡不僅是水生、陸生、無不開螢火蟲及其幼蟲的棲息地，也有許多野生動物以這裡為家。



圖 5-28 六寮古道賞螢教育網

圖 5-29 網站 QRcode

陸、討論

一、探討六寮古道螢火蟲組成與特性

六寮古道地區共紀錄 15 種螢火蟲，窗螢屬、脈翅螢及垂鬚螢屬屬於雌雄兩態型（雄蟲可飛行，雌蟲翅鞘已退化成翅芽，僅可在地上爬行），櫛角螢與熠螢屬則是雌雄一型態（雌雄蟲均可飛行但在發光器的節數有所不同）。其中為窗螢，脈翅螢與熠螢屬分布較廣，垂鬚螢屬（僅發現雙色垂鬚螢幼蟲與雌蟲）與櫛角螢屬（僅發現赤腹櫛角螢幼蟲）分布較沒那麼廣。窗螢屬幼蟲多數於細小的樹枝或藤蔓上發現，因為尾足與具有倒勾的六隻腳，攀附在物體上十分容易，成蟲大多發現個體則都在空中飛舞。脈翅螢成蟲發現個體都在空中飛舞，並無發現幼蟲。熠螢屬無發現幼蟲，成蟲個體也大多在空中飛動。櫛角螢屬幼蟲均在土壤上發現，推測是因為以下原因：

（一）短小圓胖的身體並無發達的尾足，因此無法抓牢細小的枝條。（圖 6-1）

（二）推測食物在地面上，因此不須爬到植物上的必要。（圖 6-2）



圖 6-1 尾足構造不利攀爬樹枝



圖 6-2 尾足具有吸盤，可幫助攀爬枝條及行走



圖 6-3 春季代表物種黑翅螢



圖 6-4 夏季代表物種端黑螢



圖 6-5 秋季代表物種山窗螢

二、六寮古道螢火蟲生物的特殊性

六寮古道生態環境十分多樣，在我們踏查路線長度約 500 公尺，此路段蘊藏著許多特殊種類的螢火蟲，例如：雙色垂鬚螢、赤腹櫛角螢等。經過飼養觀察後，我們發現雙色垂鬚螢的雌蟲有大顎與幼蟲的大顎不同比較圓弧，很像一般螢火蟲幼蟲的大顎型態。故雌蟲大顎的一定有用途，推斷可能是在活動中會用到的，像是自我保護之類的，另外也有一個可能是這種雌蟲會進食，另外也發現雙色垂鬚螢的幼蟲的大顎較細較小，目的是捕食蚯蚓比較有利切割蚯蚓外皮使用。赤腹櫛角螢大顎較小，型態異於其他螢火蟲的大顎，看起來是一個圓環，但圓環的其中一端並未連接在頭部上。發現牠的食物疑似是植被或真菌這類，再一次觀察中發現牠在植被上疑似在進食。不同齡數的赤腹櫛角螢的樣子也有所不同，三齡左右個體的體色較偏米黃色，且體側稜角較尖。六齡左右個體體色較為潔白，體側稜角較為圓滑。另外在一般螢火蟲種類我們也發現特殊之處，端黑螢在出齡期蛻皮後稜角會變尖銳，紅胸窗螢及赤腹窗螢的幼蟲外型非常相

似，且外型花紋多變，透過相關圖鑑書籍的觀察比對總是讓我們非常苦惱。（圖 6-6~6-12）



圖 6-6 約三齡期的赤腹櫛角螢幼蟲



圖 6-7 約五齡期的赤腹櫛角螢幼蟲



圖 6-8 赤腹櫛角螢幼蟲大顎特寫



圖 6-9 赤腹櫛角螢幼蟲背部有四個明顯黑點，身體肥大且白色



圖 6-10 赤腹窗螢幼蟲&紅胸窗螢幼蟲



圖 6-11 大小懸殊差異大的窗螢屬幼蟲



圖 6-12 雙色垂鬚螢幼蟲

三、六寮古道的螢火蟲物種初探

六寮古道一邊是有點濕潤的山壁，另一測是水聲淙淙的小溪，小溪提供了螢火蟲需要的濕度，而山壁提供了陸生螢火蟲的棲息地，再加上自然環境並無破壞，是螢火蟲的理想棲息地。經過一年的實地考察，我們一共紀錄了 15 種螢火蟲，分類如以下表格。（圖 6-13~6-16）



圖 6-13 第一段陸橋到第一個平台

環境：左側山壁上充滿了植被，右側山壁上長滿大型植物。涵在其中一部份的第一平台地面上有許多小石子，一旁的斜坡是由大石頭堆疊而成，小石縫中有許多小生物匿藏其中

可以觀察的螢種：紅胸窗螢(*Pyrocoelia formosana*)，山窗螢(*Pyrocoelia praetexta*)，赤腹窗螢(*Pyrocoelia sanguiniventer*)，雙色垂鬚螢(*Stenocladius bicoloripes*)，紋胸黑翅螢(*Luciola filiformis*)，黃脈翅螢(*Curtos costipennis*)，橙螢(*Diaphanes citrinus*)



圖 6-14 第二段石橋到木椅

環境：山壁一旁有樹枝沿伸出來，十分黑暗，雖然土表並無明顯的水珠，但濕度卻是最濕的。因為有樹枝延伸出來的遮蔭，所以是螢火蟲離想的出沒地點。

可以觀察的螢種：紅胸窗螢(*Pyrocoelia formosana*)，山窗螢(*Pyrocoelia praetexta*)，赤腹窗螢(*Pyrocoelia sanguiniventer*)，雙色垂鬚螢(*Stenocladius bicoloripes*)，紋胸黑翅螢(*Luciola filiformis*)，黃脈翅螢(*Curtos costipennis*)，梭德氏脈翅螢(*Curtos sauteri*)，赤腹櫛角螢(*Vestaimpressicollis*)，雙色垂鬚螢(*Stenocladius bicoloripes*)



圖 6-15 第三段木椅到親子亭

環境：親子亭一旁的土壁上長滿了小植物，表面上有明顯的水珠。這一段的山壁上植被非常茂密，有許多微小的生物判附在植被上。

可以觀察的螢種：紅胸窗螢(*Pyrocoelia formosana*)，山窗螢(*Pyrocoelia praetexta*)，赤腹窗螢(*Pyrocoelia sanguiniventer*)，黃脈翅螢(*Curtos costipennis*)，梭德氏脈翅螢(*Curtos sauteri*)，赤腹櫛角螢(*Vestaimpressicollis*)，雙色垂鬚螢(*Stenocladius bicoloripes*)



圖 6-16 第四段涼亭到藤坪步道登山口

環境：這一段上大樹遮天，故這一段較為陰暗，適合螢火蟲出沒。

可以觀察的螢種：紅胸窗螢(*Pyrocoelia formosana*)，山窗螢(*Pyrocoelia praetexta*)，赤腹窗螢(*Pyrocoelia sanguiniventer*)，黃脈翅螢(*Curtos costipennis*)，赤腹櫛角螢(*Vestaimpressicollis*)

四、影響螢火蟲族群數之原因

螢火蟲的族群數量減少是因為人為的開發與破壞，螢火蟲是環境指標物，因此可見棲地環境的清潔是螢火蟲賴以生存的根本。人類大量開發土地，改變或破壞原本螢火蟲所棲息的環境，使得螢火蟲的族群大大的減少。以下為人為開發破壞的類型：

1. 人工光源帶來的衝擊

人類所建立的城鎮或社區需要照明，這對於用發光求偶的夜行性螢火蟲，形成嚴重的干擾；光不但影響了幼蟲活動，也干擾成蟲的求偶行為，使螢火蟲族群逐漸消失。

2. 河流、溝渠水泥化所引起的危機

對水棲的螢火蟲而言，河流與溝渠兩旁的泥土是牠們上岸化蛹及成蟲產卵的場所，水泥化的河岸不適宜幼蟲化蛹及成蟲產卵，在這環境下螢火蟲無法生存。

3. 農藥的使用

各種殺蟲劑、除草劑會直接對螢火蟲產生毒害，更會間接影響其生物的數量。

4. 水污染引起環境劣化。

家庭廢水、工業廢水及農業廢水會污染水源，危害棲息其中的水生螢火蟲幼蟲及水生生物。

5. 外來種之引入

福壽螺、非洲大蝸牛及外來種魚類的引入，對其他水棲生物或螺貝類造成食物和空間上的競爭，使原生種生物的數量減少，包括螢火蟲和牠們的獵物都會造成生存的迫害。

五、賞螢教育推廣與保育方法

在台灣，螢火蟲曾經是鄉間隨處可見的小生物，更是老一輩的童年回憶。但近年來，隨著都市化所引起的各種環境污染及開墾下，使得螢火蟲漸漸在這塊土地上銷聲匿跡。在某些先進國家在 1960 年代起也如臺灣一樣，各地的螢火蟲面臨類似的浩劫。人們發現此危機後，開始研究挽救的方法。其中最主要的方式是相關研究單位的人工復育技術的開發。其中最值得大家響應的是採取所謂的「自然工法」。所謂自然工法是基於對物種保育、生物多樣性及永續發展的體認，而提出的一種新思維和新的施工技術。

以日本為例，山口市為了防止每年的洪水，1965 年起在一之阪川進行河川整治工程（即是三面混凝土式水泥結構河道）。這種工程施工容易，完工後水流暢通也不會造成阻塞，對當地居民來說是安全，但由於流速快，底質單純，即使河水乾淨，多數原生動植物仍無法生存，而水棲的螢火蟲在這種條件下是完全沒有辦法生存的，因為急流不但會帶走幼蟲，也會把牠們所賴以為維生的螺貝類沖走。

在昆蟲生態學家的協助之下，工程師規劃了生態工程並改良三面混凝土的河道，在河岸砌石、填土之外，改善河床環境，以石頭、木樁使河道的流速減速，並種植螢火蟲棲地常見的野草，讓螢火蟲幼蟲有上岸化蛹的空間。不僅這樣，每到螢火蟲成蟲出現的季節，沿溪的住家在入夜之後會把門、窗簾拉下，減少光害，這樣為生物進行實際行動的精神與行動力值得我們學習。

台灣也有護螢有成的例子，東勢林場便是其中之一。為了保護這個台灣少數自然環境下還有大量螢火蟲生存的棲地，從數年前便開始了保護螢火蟲的措施

(1)不用除草劑，採人工除草。

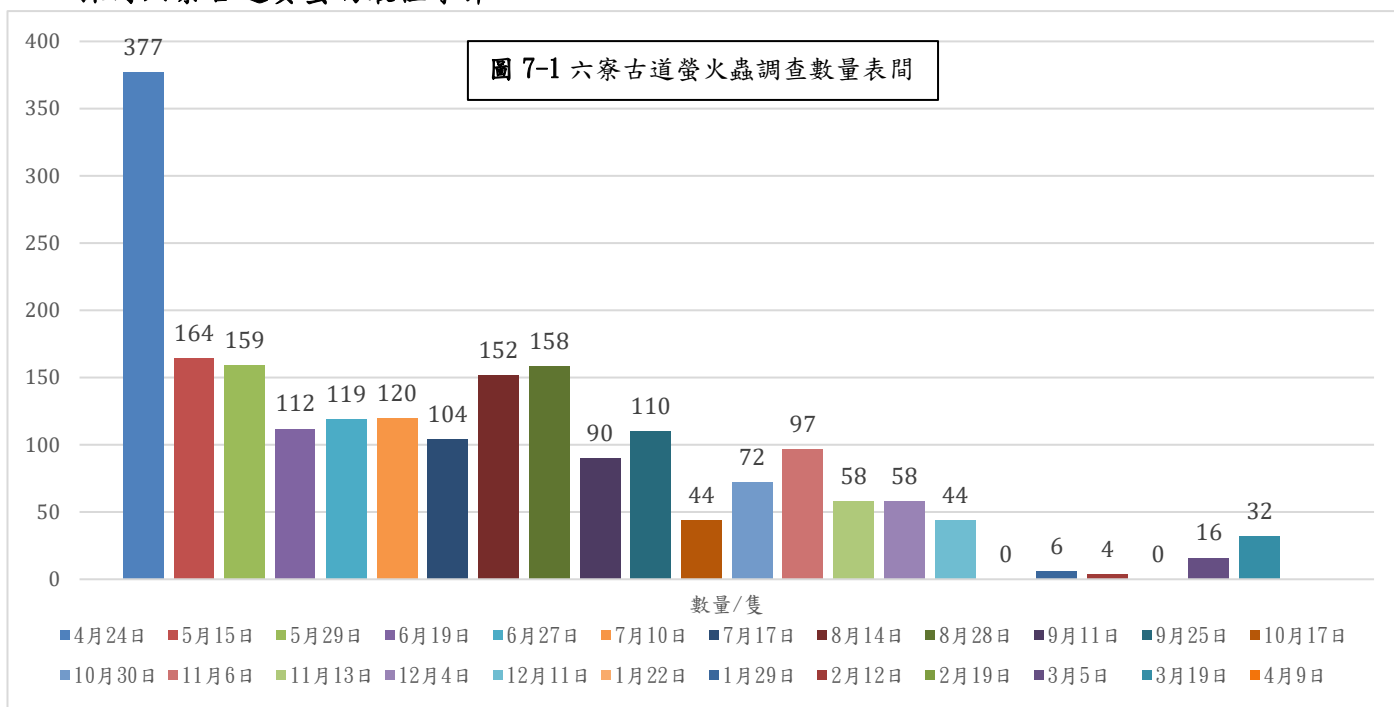
(2)不設置路燈。

(3)不在附近建小木屋。

螢火蟲幼蟲的棲地都生長在乾淨且未遭破壞的地區，水棲種類以水塘、沼澤、水田及河流緩流的淺水區為棲所，食物以螺貝類為主，陸生則以稻田、森林等為棲息地這些地方共同的特點就是草木繁茂，較為濕潤，以及沒有燈光的干擾和農藥的污染，一旦水質或棲地受到污染，螢火蟲很快就會死亡，所以螢火蟲被譽為環境指標物不為過。以確保牠們不會滅絕，我們必須維持環境的無污染並減少環境的人為破壞與開發。螢火蟲是一種美麗又神秘的生物，我們社會大眾應為牠們的盡一份保育心力。

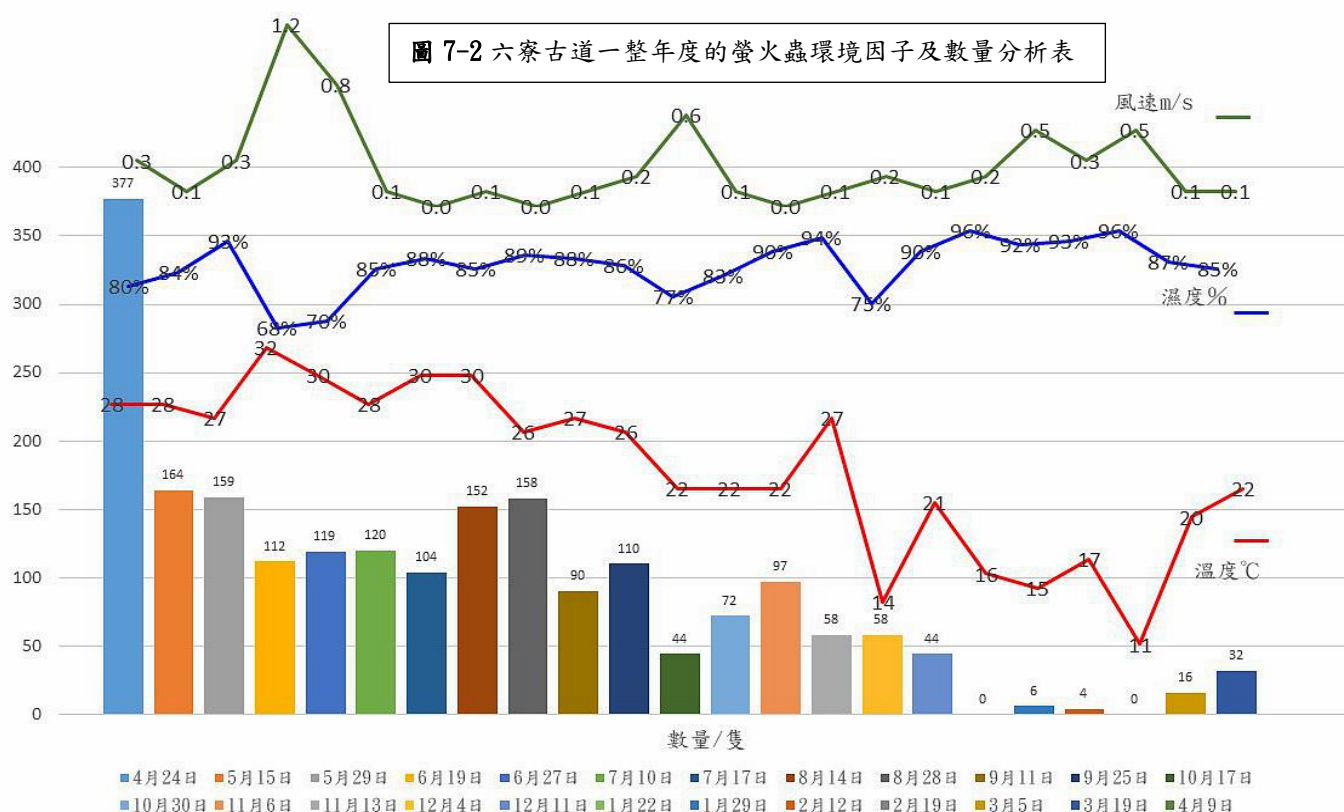
柒、結論

一、探討六寮古道賞螢的最佳季節



從圖表可以看得出，一年四季皆可賞螢，其中以四到五月的黑翅螢為最大量，此時鄉公所會在這時舉辦賞螢活動；進入夏季六到八月則以端黑螢及脈翅螢為主，數量雖不及四五月份的黑翅螢，但賞螢的遊客明顯少很多，很適合漫步在林道間賞螢，格外舒服；進入秋季十到十一月則是大型的窗螢屬，雖然數量零星，但發光的色澤非常明亮且持續光源，點綴在黑暗的林道上，格外清晰明亮。冬季時分則由十二月底開始氣溫驟降，螢況不如其他月份來的好，直到三月中左右，天氣逐漸回暖，是螢火蟲羽化的關鍵時間，直到三月底才會有第一批螢火蟲成蟲出沒，一直到四月份慢慢進入賞螢的高峰期。（圖 7-1）

二、探討環境因子對螢火蟲的出沒的影響



上圖是六寮古道螢火蟲一整年度的觀察狀況，對照溫濕度、風速及螢火蟲數量後，發現有許多關聯性。例如：在 6/19 時，濕度是 68%，是最低的，那次的螢火蟲數量也有驟減，從 159 隻掉到 112 隻，同時，在 6/19，風速很快，達到了 1.2，是最高的一次。在 10/17、10/30 和 11/6 的溫度都是 22℃，則螢火蟲數量也會有些許落差。由圖表可以發現有兩個調查日 1/22 及 2/19 的數量為 0，因為這兩日都是下雨的狀況，螢況不佳；低溫部分則落在 2/19 日那天，寒流來襲溫度驟降，同時那天也是下雨的天氣，螢況非常糟糕，連幼蟲發光的個體都沒發現。因此，我們推測螢火蟲出現的頻繁度與濕度、風速和溫度有關係，環境越濕，風速低和溫度適中的環境螢火蟲相對也越多，當然還要比對螢火蟲的種類來推算發生期，因種類的不同活動期皆有所不同。（圖 7-2）

三、探討螢火蟲飼養過程

我們本來以為螢火蟲是一種溫馴並在夜晚的星空下飛舞發光的生物，但經過實際飼養螢火蟲幼蟲後，才發現幼蟲是一種會獵食蝸牛的強悍生物。幼蟲透過大顎注入麻醉液使蝸牛麻痺，再注射消化液溶解蝸牛肉，進而吸食肉汁，相當厲害的捕食過程。在養殖的過程中，我們有遇到成蟲產卵的狀況及孵化出端黑螢幼蟲，也有因養殖容器內鋪的衛生紙發霉，導致蟲體死亡（圖 7-3），也曾經在移植卵的過程中損壞了蟲卵。努力飼養下終有順利將幼蟲養到蛻皮成長並化蛹羽化成蟲（圖 7-4~7-5），也產下受精卵。在這些飼養的過程中，我們相互討論飼養的方式與過程，翻閱書籍及詢問老師來解決飼養的困難。透過飼養螢火蟲，我們收穫良多，發現螢火蟲是一種多麼奇妙又美麗的生物，螢火蟲目前面臨因棲地被壞與開發而族群數量漸漸減少的危機，希望大家在看見牠的美麗與珍稀後，為牠們的保育進一份心力。



圖 7-3 養殖盒內蟲體發霉死亡



圖 7-4 螢火蟲幼蟲蛻皮



圖 7-5 山窗螢雌蟲發光

四、臺中鑛村社區螢火蟲棲地營造戶外教育觀摩學習

老師為了讓我們多認識螢火蟲相關知識，並能從中觀察飼養的方式，於 11/27 日帶著我們到台中市鑛村社區進行戶外教育及大雪山林道賞冬螢，這趟戶外教育，讓我們大開眼界，還學習了不少飼養螢火蟲的方式，收穫良多。萬物的世界真是無奇不有，讓我們萌起對螢火蟲的好奇心。（圖 7-6~7-14）

1. 林煦歲：那次台中旅途讓我收穫滿滿，在林伯伯那裡，我了解到原來螢火蟲可以這麼大量的復育，他利用許多水缸以及管子，製作出了濾水系統，為飼養的水生螢火蟲-黃緣螢提供乾淨的水，且捕捉小顆的螺並冷凍，以保持牠們食物的新鮮，他為陸生螢火蟲布置的飼養環境也十分近於大自然的原生環境，是十分值得學習的一點。林伯伯在飼養螢火蟲的過程中發現了許多，甚至發現學者說的方法也許是錯誤的，因此我了解到耳朵聽的不一定是正確的，必須經過自己的觀察與實驗方能驗證。還有在飼養方面時我學到了不要害怕失敗，要勇敢嘗試新做法，也許會有以想不到的結果。在高海拔且十分寒冷的大雪山那裡，我第一次看到真正的雪螢，也發現牠的翅膀與前胸背板是半透明的，真有趣！



圖 7-6 鑛村社區自然生態



圖 7-7 林伯伯親自解說螢火蟲生態



圖 7-8 高海拔地區的雪螢

2. 呂昕瞳：在那裏我學到了很多，因為不認真飼養導致蟲體狀況不好，很氣餒。當天到了火金姑蜜月館後，哇！真是令人驚豔，林伯伯在黃緣螢飼養箱內灌了水，將裡面布置得十分精緻，真是使我大開眼界。另外，林伯伯教我們保存蝸牛的做法，這方法讓我受用無窮。參觀完林伯伯的火金姑蜜月館後，讓我領悟到：沒想到做事只要有興趣和努力，把所有學到的東西發揮的淋漓盡致，就能做出一項不僅別人，還有自己眼睛為之一亮的成果。過程中我學到了許多有關螢火蟲的知識，也拍到了許多照片。經過近距離接觸與講解，也讓我更了解並越發喜歡螢火蟲這類的生物。到大雪山上後也學到了有關雪螢的知識，仔細觀察後，發現了許多和平地螢火蟲不同的特色，例如：雪白透明的翅鞘和前胸背板、居住高海拔環境及體型較小等，都令人感到驚豔。



圖 7-9 水生黃緣螢幼蟲初齡



圖 7-10 黃緣螢幼蟲捕食幼螺



圖 7-11 高海拔雪螢發光

3. 丁芃嘉：在這次的觀摩中可說是獲益良多，我們在園區內學習到了諸多知識；林伯伯向我們分享了他的飼養理念，了解到他是如何在人與自然之間取得平衡。在火金姑蜜月館內，驚奇的發現館內精緻又特別的設計，水生的黃緣螢幼蟲需要像有水有土的環境，林伯伯巧妙的利用多個長形箱子及水管製作出螢火蟲的生存環境，中間則是布滿蕨類的土丘以利化蛹及產卵，食物則使用冷凍的福壽螺。參觀後除了學習到新的養殖方式之外，也了解到關於螢火蟲的知識，十分新奇。只要有心，一定能做出成果！在大雪山上，我親眼見證了神奇的高海拔物種雪螢，不同於書本上的圖片知識，實際看到的雪螢感覺更加特別。

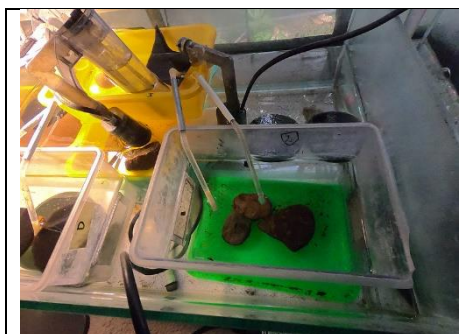


圖 7-12 水生螢火蟲飼養



圖 7-13 觀察飼養過程



圖 7-14 利用水缸大量飼養螢火蟲

捌、參考文獻資料

1. 陳燦榮(2007)，台灣螢火蟲，田野影像出版
2. 何健鎔、朱建昇等(2002)，台灣賞螢地圖，晨星出版
3. 鄭明倫 (2013-1 月)，螢火蟲的傳承之道，科學發展 I 專題報導 I 481 期
4. 台灣窗螢隻飼養法及其生活環境，行政院農業委員會特有生物研究保育中心之生物學報
5. 螢火蟲的生態 林穎明(藏生環境規劃有限公司)第 399 期 2017. 07
6. 台北市立中正高級中學，螢火蟲生態研究
7. 墾丁國家公園管理處委託調查報告，陳燦榮、鄭明倫、張志遠、賴郁雯，墾丁國家公園螢火蟲資源調查與應用
8. 何健鎔、張秀姈、蔡娜樺、姜碧惠、朱建昇、劉榮源 中華民國九十五年十月，行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處，嘉義山區螢火蟲資源調查及生態導覽解說手冊製作，中華民國螢火蟲保育協會
9. (中華民國螢火蟲保育協會，何健鎔)澳萬大森林遊樂區螢火蟲資源調查及賞螢活動可行性評估
10. 台北縣崇德國民小學，黑夜的提燈者-螢火蟲的觀察與特性研究
11. 嘎嘎昆蟲網 <http://gaga.biodiv.tw/9701bx/in5.htm>
12. 吳家雄、楊平世，東勢林場螢火蟲資源調查
13. 陳燦榮、方華德，館訊第 359 期生物，照亮生命的地球微光(二)，發光，螢火蟲
14. 鄭明倫、賴郁雯、楊平世，台灣六座國家公園螢火相概要
15. 中華民國第四十七屆中小學科學展覽會，國小組 自然科，打著燈籠等情人-大場雌光螢
16. 台中鑣村社區火金姑蜜月館 <https://www.facebook.com/fireflyhoneymoonsuite/>
17. 交通部中央氣象局 <https://www.cwb.gov.tw/V8/C/>
18. 連江縣莒光鄉東莒國民小學，打著燈籠等情人-大場雌光螢
19. 何健鎔、方華德、鄭恕涵、胡景瀚，馬祖列島螢火蟲多樣性之研究(2017)
20. 鄭明倫，螢火蟲的傳承之道(2013)