

行政院農委會林務局花蓮林管處委託辦理計畫

大農大富平地森林園區螢火蟲資源調查  
暨解說手冊出版計畫

結案報告書

A SURVEY ON THE FIREFLY RESOURCE AT DANONG-DAFU  
FOREST PARK AND ITS PUBLICATION PROJECT  
PROJECT REPORT

計畫主持人：陳燦榮

協同主持人：鄭明倫

執行單位：花蓮縣棲地保育學會

中華民國一〇五年十二月一日

# 目 次

表次	IV
圖次	V
摘要	VI
<b>壹、前言</b>	<b>1</b>
一、生物資源與計畫緣起	1
二、研究地區地理與歷史沿革	1
三、文獻回顧	5
(一) 臺灣螢火蟲研究歷史概述	5
(二) 花蓮地區及花蓮林區管理處所轄之國家森林遊樂(園)區螢火蟲物種紀錄	8
四、參考文獻	11
<b>貳、計畫項目與目標</b>	<b>19</b>
一、園區內螢火蟲種類普查	19
二、辦理志工及管理處相關人員參與調查、解說培訓	19
三、提供大農大富平地森林園區螢火蟲棲地經營管理之建議，並提出合理利用螢火蟲資源種類及方式，以利生態旅遊操作	19
四、賞螢手冊之撰寫與印製	20
五、解說專書之撰寫與印製	20
<b>參、執行與結果</b>	<b>21</b>
一、園區內螢火蟲種類普查	21
(一) 調查方法與樣區選定	21
1. 調查方法	21
(1)日間採集	22
(2)夜間穿越線定量調查	22
(3)設定採集	23
2. 樣區選定	25
(1)穿越線選定	25
(2)攔截網設置點選定	27

(二) 調查結果	29
1. 物種普查	29
2. 穿越線定量調查	30
(1)大陸窗螢	30
(2)黑翅晦螢	33
3. 各物種成蟲發生期	35
(三) 討論	36
1. 大農大富平地森林園區的螢火蟲相特色	36
(1)雌蟲為幼態型者之種類比例極高	37
(2)大陸窗螢與共域種的罕見組合	38
(3)黑翅晦螢與大陸窗螢共為優勢種	38
2. 花蓮與大農大富平地森林園區的黑翅晦螢	39
3. 大農大富平地森林的螢火蟲相與富源、池南國家森林遊樂區的比較	40
4. 環境因子與螢火蟲數量波動間關聯性的考量	41
5. 蔗田歷史的生態影響與平地造林的功能	44
(四) 參考文獻	48
二、辦理志工及管理處相關人員參與調查、解說培訓	52
三、提供大農大富平地森林園區螢火蟲棲地經營管理之建議，並提出合理利用螢火蟲資源種類及方式，以利生態旅遊操作	53
(一) 螢火蟲棲地經營管理建議	53
1. 棲地環境的維護	53
(1)除草工作對螢火蟲棲群的影響	53
(2)避免路燈的架設或改善設計	54
(3)應區分為「遊客賞螢區」與「螢火蟲棲息保護區」	55
2. 賞螢秩序的維護	56
3. 環境教育的訊息傳遞	57
(二) 合理利用螢火蟲資源與方式建議	58
1. 賞螢區規劃	58
2. 外圍交通規劃	59

3. 停車規劃.....	59
4. 行人徒步區設置.....	60
四、賞螢手冊之撰寫與印製.....	61
五、解說專書之撰寫與印製.....	61
<b>肆、附錄.....</b>	<b>62</b>
附錄一、大農大富平地森林園區螢火蟲夜間穿越線定量調查紀錄 .....	62
附錄二、大農大富平地森林園區螢火蟲日間調查紀錄 .....	67
附錄三、大農大富平地森林園區螢火蟲設定採集調查紀錄 .....	68
附錄四、2015/01/01~2016/08/16 平地森林園區內氣候站所測得之逐日氣溫資料 .....	70
附錄五、大農大富平地森林園區螢火蟲資源調查解說員培訓課程綱要.....	72
附錄六、採購評選委員會會議紀錄及審查意見回覆.....	73
附錄七、期中審查會議紀錄及審查意見回覆.....	78
附錄八、期末審查會議紀錄及審查意見回覆.....	84

## 表 次

表 1-1、文獻中曾紀錄於花蓮地區的螢火蟲種類名錄及地點 .....	10
表 3-1、大農大富平地森林園區螢火蟲調查各穿越線設置地點 .....	26
表 3-2、攔截網設置地點及主要植被 .....	28
表 3-3、2015/07~2016/08 大農大富平地森林園區調查所得之螢火蟲名錄 .....	30
表 3-4、大農大富平地森林園區螢火蟲成蟲發生期概念表 .....	36

## 圖 次

圖 3-1、久置型飛行攔截網 .....	25
圖 3-2、攔截網上之告示與警語.....	25
圖 3-3、園區內各穿越線位置圖.....	26
圖 3-4、北環道飛行攔截網架設位置.....	28
圖 3-5、南環道飛行攔截網架設位置.....	28
圖 3-6、2015/08~2016/08 大農大富平地造林區南北環線所取樣之大陸窗螢成蟲數量 比較 .....	31
圖 3-7、2015/08-2016/08 大農大富平地造林區南環線所取樣之大陸窗螢成蟲數量變 化.....	32
圖 3-8、2015/08-2016/08 大農大富平地造林區北環線所取樣之大陸窗螢成蟲數量變 化.....	32
圖 3-9、2016/03~05 大農大富平地造林區南北環線所取樣之黑翅晦螢成蟲數量比較 .....	33
圖 3-10、2016/03~05 大農大富平地造林區南環線所取樣之黑翅晦螢成蟲數量變化 .....	34
圖 3-11、2016/03~05 大農大富平地造林區北環線所取樣之黑翅晦螢成蟲數量變化 .....	34
圖 3-12、2015/08~2016/08 大農大富平地造林區南北環線所取樣之大陸窗螢+黑翅晦 螢成蟲數量比較.....	35
圖 3-13、志工培訓課程上課情形 .....	52
圖 3-14、園區內經常有割草作業 .....	54
圖 3-15、全罩式(左)與半罩式路燈(右) .....	54
圖 3-16、道路兩旁白色邊線內設定為「遊客賞螢區」 .....	55
圖 3-17、道路白色邊線即使在夜間仍能以肉眼察覺 .....	56
圖 3-18、設置解說看板提供民眾自行導覽.....	57
圖 3-19、針對春季賞螢於北環道 1K 處之賞螢區規劃 .....	59
圖 3-20、遊客中心前已設有停車格.....	60

## 摘 要

### 一、螢火蟲資源調查部分

本案調查方法包含日間採集、夜間穿越線定量調查與設定陷阱採集等三種方法並用。在園區南環道與北環道各選擇兩處現有螢火蟲資源較豐富，又能搭配未來賞螢動線之路段，各設置長約 300 公尺之穿越線進行夜間定量採樣。另選擇 12 處鬱閉度較高之不同林相區域架設飛行攔截網。綜合文獻與本計畫於 2015/08/01-2016/08/04 間之調查結果，花蓮地區已紀錄的螢火蟲種類至少有 31 種，其中 24 種分布於花蓮林區管理處所轄範圍之國家森林遊樂區、林道等棲所。大農大富平地森林園區已發現黑翅晦螢 *Abscondita cerata* (Olivier)、大晦螢 *Abscondita anceyi* (Olivier)、紅胸窗螢 *Pyrocoelia formosana* Olivier、大陸窗螢 *Pyrocoelia analis* (Fabricius)、山窗螢 *Pyrocoelia praetexta* Olivier、雙色垂鬚螢 *Stenocladus bicoloripes* Pic 及雲南扁螢 *Lamprigera yunnana* (Fairmaire)等 7 種螢火蟲。優勢物種為大陸窗螢與黑翅晦螢，大陸窗螢於本區之成蟲發生期在 3~10 月，其中在 3~5 月及 8~10 較為集中；黑翅晦螢集中在 3~4 月。黑翅晦螢於北環道極為優勢，族群明顯大於南環道；大陸窗螢則於南環道較為優勢，但數量上遠不如黑翅晦螢。大農大富平地森林園區的螢火蟲相也呈現三個特色，一是具有幼態型(paedomorphic)雌蟲的種類比例極高，二是大陸窗螢與其他種類共域的罕見組合，三是大陸窗螢與黑翅晦螢共為優勢種，文中分別探討其可能原因和未來在物種來源的檢測方式，調查中對環境非生物因子的考量，以及蔗田歷史和平地造林對螢火蟲的影響。

### 二、辦理志工及管理處相關人員參與調查、解說培訓部分

已於 2016 年 2/21~22 (星期日、一) 及 3/5~6 (星期六、日) 舉辦培訓課程，課

程分兩階段四天進行，第一階段（兩天）為初階課程，初階課程主要對象為園區附近之社區居民、相關志工與團體，課程內容設計為介紹大農大富園區的由來及螢火蟲生態概況。第二階段（兩天）為進階課程，對象除上列居民與團體外，亦包括其他國家森林解說志工，課程內容設計為較深度之螢火蟲資訊與賞螢活動之演練及注意事項。

### **三、棲地管理建議與螢火蟲資源利用**

針對大農大富平地森林園區之賞螢活動經營管理，有三方面的建議：1、棲息環境的維護；2、賞螢秩序的維護；3、環境教育的訊息傳達。棲地維護部分，針對除草、人工光源架設或改裝以及隔離賞螢人群和棲地做出建議；賞螢秩序的維護包含安全宣導與燈光管制，並採取人車分道；環境教育訊息的傳遞則建議解說看板的設置與注意事項。園區春、秋兩季有充分的螢火蟲資源可支持賞螢活動，春季建議於北環道 1K 處舉辦，秋季則可在南環道 4K 處進行，賞螢區應人車分道設置行人專用徒步區。本節並提出賞螢期間的交通與停車規劃建議。

### **四、賞螢手冊製作**

賞螢手冊內容包含「關於大農大富平地森林」、「來！來看螢火蟲」、「如何拍攝漫天飛舞的螢火蟲」、「讓我們一起來保護螢火蟲」、「賞螢祕笈」及「花蓮林區管理處轄內森林園區螢火蟲圖鑑」六個單元。已於 2016/03/01 印製完畢並送達林管處，完成驗收履約。

### **五、解說專書撰寫與出版**

解說專書部分，依合約規定應於期末報告時提交專書初稿架構、內容以及版面範例供管

理處討論及審閱。本團隊於 7/27 先行至林管處與相關人員討論初稿內容及書樣。依討論結果，解說名稱訂為“熠熠洄瀾”，內容有「森林物語」、「認識螢火蟲」、「螢火蟲的一生」、「保育螢火蟲」、「如何規劃一場理想的賞螢活動」及「花蓮林管處所轄之森林遊樂(園)區螢火蟲圖鑑」六大單元。除介紹螢火蟲的一般生態習性外，也將在書中強調賞螢的規範和棲地保護的重要。所有生態圖像及圖表均由本團隊自行拍攝與製作，並於圖說及標題加列英文。專書已於 12/2 依契約規格印製完成交付。

## ABSTRACT

This project had two main aims : 1. to conduct a field survey on the firefly fauna at the Danong-Dafu Forest Park to understand its background information like species richness, abundance, micro-distributions, phenology and seasonal dynamics; 2. to publish a field guide book and brochures about the firefly resource of the forest recreation areas and forest parks in Hualien County. We did a one-year survey by checking samples obtained from 12 window traps installed across the park and by doing quantitative samplings in four 300-meter transection lines twice a month from 2015/08/01 to 2016/08/04. Six firefly species were found accordingly in the survey, including *Abscondita cerata* (Olivier), *Pyrocoelia formosana* Olivier, *Pyrocoelia analis* (Fabricius), *Pyrocoelia praetexta* Olivier, *Stenocladius bicoloripes* Pic and *Lamprigera yunnana* (Fairmaire). Larvae of *Abscondita anceyi* (Olivier) were recorded by a previous survey but not found in the current project. *Abscondita cerata* and *Pyrocoelia analis* were the two dominant species but each had its micro-distribution: the former is much more dominant than the latter in spring time in the north district of the park, but the pattern was in reverse in the south district. *Pyrocoelia analis* was also abundant in the fall (August to October). The firefly fauna at the Danong-Dafu Forest Park is comparatively simple due to its short history of afforestation (since 2002), but characterized by its high portion of species with flightless females (5 out of 6 spp). The best locality and season for a large-scale firefly watching activity at the forest park is in the north district during the spring time (March to April), though south district could be candidate for another firefly watching activity in the fall (August to October). Based on literature review, previous and current surveys by our team in Hualien, there were at least 24 firefly species documented in the forest recreation areas and forest parks in Hualien County.

In addition to the firefly survey, we organized two two-day workshops for general publics, voluntary interpreters and members of NGOs interested in firefly conservation. The tutorial offered

not only taxonomic and ecological knowledge of firefly, but also lots of know-how in organizing a firefly watching activity. Basic principles and practical suggestions for habitat management and firefly watching were provided to the administration. 3000 copies of brochures of six versions, each with its own emphasis on fireflies, were designed and printed in this project. Finally, 500 copies of the Hualien firefly guide book were completed and published at the end of the project.

# 壹、前言

## 一、生物資源與計畫緣起

根據林務局於 2010~2011 年委託專業團隊的調查，大農大富平地森林園區內各類植物達 400 種，昆蟲類 104 種、兩棲爬蟲類動物 44 種、鳥類 79 種及 14 種的哺乳類動物(林務局台灣山林悠遊網，2016/08/31)。當時昆蟲類的調查以具有生態觀光資源價值的蝶類為主，其餘類群較少。2014~2015 年另有公民科學家參與園區的脊椎動物監測調查(楊懿如等，2015)，近年受到民眾歡迎的螢火蟲雖有零星紀錄(見文獻回顧)，但尚無專門的調查。

本團隊與自日治時期即在農場協助種植甘蔗的耆宿訪談，他們回憶道卅、四十年前蔗田經常可以看到一閃一閃的螢火蟲在夜空飛舞。但廿餘年前開始使用農藥、化肥、除草劑後，螢火蟲數量銳減，甚至已從當地人記憶中消失。本區造林地歷經十餘年經營，近幾年又發現螢火蟲數量逐漸增加。林務局花蓮林區管理處為建全園區生物多樣性的基礎資料及推動生態旅遊所需，乃有本螢火蟲資源調查暨手冊出版計畫之產生。

## 二、研究地區地理與歷史沿革

大農大富平地森林園區在行政區上屬於花蓮縣光復鄉大富村，地理上位於花東縱谷中段，園區大致為台 9 線和花 193 縣道間的溪谷平原，南北長約 5 公里，東西寬約 2.5 公里，占地 1,250 公頃，地勢東南高西北低，海拔範圍約 140~250 公尺，水系上屬於花蓮溪上游的光復溪水系，主要

支游嘉農溪(嘎啣啣溪)由西南向東北貫穿全區，並在園區內與東南—西北向的支流大和溪、河內溪匯流。園區東南角位於附近地勢最高處，成為北向的花蓮溪與南向的秀姑巒溪兩大水系的分水域。園區西南隅與林務局富源國家森林遊樂區比鄰，西北則靠近馬太鞍濕地和花蓮觀光糖廠。農場原為河階台地，土壤下方皆為河川礫石，較為貧瘠(紀有亭等，2012)。園區2000-2009年平均年雨量為2618mm，9月份降雨較多，1月較少。年均溫22.29°C，7月份最熱，平均溫度為27.66°C，最冷月份為1月，平均溫度16.5°C(水土保持局農村再生歷程網，2016/08/31)。

此區最早的住民是阿美族的秀姑巒阿美群(聚落有今日的馬太鞍與太巴壠等)。此區以北在300多年前是強悍的賽德克族木瓜群的活動範圍，阻止了當地的大規模開發，而馬太鞍至木瓜河流域間的區域則成為兩族間的緩衝區。1828年曾有淡水人吳全、蔡柏玉不顧清政府禁令，自噶瑪蘭招募2800餘漢人來到「後山」墾殖。他們由花蓮(奇萊)平原南下，沿花蓮溪上溯，跨過木瓜溪，在今日壽豐鄉開墾築壘(今平和與志學村，存有吳全城遺址)，但是因水土不服及與當地原住民衝突，未能延續。佃農多數北返噶瑪蘭，少數往南來到馬太鞍、太巴壠、巫老僧(今富源)等地定居(張子文等，2003；潘繼道，2010a)。1878年爆發加禮宛抗官事件，起事的噶瑪蘭族與撒奇萊雅族遭到優勢清軍鎮壓與清剿，事件後原本位於今日花蓮市、吉安等地的加禮宛六社四散(一說被迫遷村)，部分殘餘噶瑪蘭族人遷入此區，建立新的聚落(如今日的馬佛與大全聚落)(潘繼道，2010b；林

務局台灣山林悠遊網，2016/08/31)。之後漢人才再逐漸向南擴張拓殖範圍至此。漢人以甘蔗為主要作物，經營糖廊(舊式製糖廠)生意。日治初期，總督府鼓勵新式製糖產業以取代糖廊生產模式，花蓮一帶的糖業、樟腦產製及其他礦產開發最初(1899年)由日本人賀田金三郎所主持的「賀田組」經營，1910年由負責台東與花蓮地區拓殖的半官民特種公司「台東拓殖株式會社」(「台東興產」)接手，1914年與台、日合資的「鹽水港製糖株式會社」合併，1917年改稱「鹽水港製糖拓植株式會社」，1920年再改回原名。「鹽水港製糖株式會社」藉由總督府的糖業獎勵措施無償取得大批的土地，1918年取得今光復至瑞穗間1621甲的公有地開闢為農場，招募日本本土與桃園、新竹、屏東等地台灣人(客家人為主)甚至中國沿海居民前來租佃墾殖，成為一個以蔗作移民為主的聚落(大和官營移民村)(楊綠洲，2009；陳燕釗，2014；中央研究院臺灣總督府資料庫，2016/08/31)。

1921年設置製糖廠(大和工廠)，與1913年成立的壽工廠(今壽豐鄉境內)為花蓮港廳的兩大製糖廠。二次大戰末期，日軍曾在糖廠南方今大全村的荒地以人工方式建立臨時軍用機場。兩座糖廠在1945年皆遭到盟軍轟炸嚴重損毀。光復後，政府在上海成立「台灣糖業公司」，接收日本在台既有的糖業機構與土地，1948年修復花蓮糖廠(原大和工廠)恢復其製糖功能，並將其原本的大和農場分為大農與大富兩座農場以方便經營管理。

1960年代起受到國際糖價起伏不定的衝擊，台糖公司陸續關閉幾座糖廠，但花蓮糖廠逐步擴充提升製糖、煉糖、酒精、環保設備，成為東部地

區的製糖重鎮，也是臺灣設備最完備的糖廠，直到 2002 年配合政府政策，熄爐停機，轉型為休閒觀光農業。當時為因應我國加入世界貿易組織(WTO)後，農地資源與農產品產銷的重新調整，政府於 2002~2008 年間在全台各地推動「平地造林及綠美化方案」，於不具競爭力之農地、休耕蔗田、農牧用地主動規劃並輔導農民及農企業造林，由林務局任政策推動機關，地方政府與台糖公司則為執行機關。平地景觀造林的目的在提供國人休閒遊憩與環境教育機會、提升生活環境品質及改善野生動物棲息環境、增加綠色資源及生物多樣性、以及減少因天然災害所需付出之社會成本。期間於台糖公司的土地上完成平地造林 7960 公頃，當中 29%位於花東地區，而花蓮糖廠大富農場平地景觀更被指定為 3 處造林示範區之一，林務局在此種植了近 20 種逾百萬株的樹苗來造林(陳仲賢、何湘梅，2008)。經過十餘年休養生息，如今蔚然成林，成為花東縱谷上一處少有的森林環境，提供野生動物棲息場所並作為海岸山脈與中央山脈間的生態廊道。園區內也設有森林自行車道、圖騰花海、七彩釣竿橋、裝置藝術作品等，提供大眾休閒娛樂功能。日地月池則兼具景觀與滯洪功能(林務局台灣山林悠遊網，2016/08/31)。

由上述地理沿革整理可知，此區的開發至今約 200 餘年，早期以阿美族原住民為主，漢人在本區的墾殖歷史不到 150 年。大農大富農場原為河階台地的芒草草原，直到日治時期才被大規模開發為甘蔗田，持續 90 餘年，二次大戰末期曾有少數的軍事襲擾，戰後台糖公司接收後逐步擴充，

直到近 15 年轉型為景觀平地森林。從自然生態的角度來看，此區持續而明顯的人為干擾時間約 100 年，主要影響為大規模種植單一作物與施用農藥，而土地經過十餘年的造林休養生息，生物多樣性的恢復或改變狀態如何，是值得研究的議題，而促進生物多樣性做為當時推動平地造林目的之一，其具體成效也有建立調查資料並持續監測之必要。

### 三、文獻回顧

#### (一) 臺灣螢火蟲研究歷史概述

臺灣螢火蟲的研究在廿世紀初期才開始，早期的研究均侷限在分類上。德國籍的漢斯•梭德(Hans Sauter)於1905年第二度來到臺灣，定居於安平並任職於英商德記洋行，開始雇用數名台籍與日籍人士在臺灣各地採集動物，特別是昆蟲標本。他的採集品或贈送或出售給歐洲各大博物館，德國昆蟲研究所(Deutsche Entomologische Institut (DEI)，今為申肯堡昆蟲研究所Senckenberg Deutsches Entomologisches Institut (SDEI))獲得最大宗的標本，成立漢斯•梭德的福爾摩沙蒐藏(H.Sauter's Formosa-Ausbeute)，並與利用這些標本的研究者約定以H.Sauter's Formosa-Ausbeute為大標題來發表論文。1911年至1940年代，此類的昆蟲分類報告多達三百多篇，奠定早期台灣昆蟲分類學的基礎，也足見梭德對臺灣昆蟲分類學的深遠影響。1912年梭德移居台北大稻埕，但是1914年歐戰爆發後，德國與英日兩國敵對，梭德因而遭到解僱，並受到日本政府監視，採集活動大受影響。日後又因為腿疾與眼疾，終於在1927年完全停止在臺灣的動

物標本採集活動，以教授語文與鋼琴維生(朱耀沂 2005；鄭明倫，2010)，1943年病歿於臺灣。

梭德的採集品中包含各類昆蟲，尤其是鞘翅目與半翅目，當中也有一些螢火蟲標本。法國籍的研究人員如Olivier (1911, 1913)跟Pic (1911a,b, c, 1916, 1917, 1918)便根據這些螢火蟲標本發表了許多的新種；1920年代陸續有日本學者投入臺灣的螢火蟲研究，如松村松年(S. Matsumura)、素木得一 ( T. Shiraki )、鹿野忠雄(T. Kano)、岡田要(Y. Okada)、三輪勇四郎(Y. Miwa)等(Matsumura, 1918,1928; Kano, 1930; Okada,1931; Miwa, 1931)。這些報告中提到或整理了一些螢火蟲的採集地點。素木得一(1918)、岡田要(1931)與Miwa(1931)的報告多為整理性質，物種分布資料不脫上述文獻的範圍，其中Miwa整理台灣產鞘翅目名錄資料中包含了34種螢科昆蟲。第二次世界大戰期間至1950年代，由於戰亂與經濟百廢待舉，除農業與衛生益蟲或害蟲以外的昆蟲學研究大幅減少乃至停頓，僅有極少數的研究如Pic(1944)。1960~70年代，日本學者中根猛彥(T. Nakane)發表了許多分布於臺灣中、北部山區的非典型螢火蟲，如雙櫛角螢(*Cyphonocerus* spp.)與弩螢(*Drilaster* spp.)等(Nakane 1967a, b, 1977)。

1980年代，國內生態保育意識抬頭，開啟國人自力研究的風潮。1990年代中期之後，除了本土的螢火蟲分類學與生態學研究逐漸興起，地區性的螢火蟲調查也開始有較完整及突破性的發展。何健鎔(1997)出版臺南地區的螢火蟲專書，記載1995~96年間的調查成果，為第一本臺灣螢火蟲科普書籍；賴郁雯等(1998)重新整理歷年臺灣螢火蟲發表報告；鄭明倫等(Jeng et al.)於1998~2014年間，

於國內、外期刊發表超過10篇以上的分類或研究報告；陳燦榮(1999、2003)及何健鎔與姜碧惠(2002)、何健鎔與朱建昇(2002)出版臺灣螢火蟲相關書籍，記述全臺含東部地區重要的賞螢據點與當地主要螢火蟲種類；何健鎔(2004a、b)同時於富源及奧萬大國家森林遊樂區進行4~6月及5~12月的螢火蟲資源調查；趙仁方等(2005)於臺東利嘉林道進行3~11月的螢火蟲調查；何健鎔(2006、2007)於嘉義山區及八仙山國家森林遊樂區各進行12個月螢火蟲資源調查；陳仁昭(2008)撰述了高屏地區林務局森林遊樂區的螢火蟲資源；陳燦榮與鄭明倫(2009、2011)於墾丁國家公園進行24個月的螢火蟲普查；林晏州等(2010)執行花東縱谷觀光資源調查規劃案時，委託花蓮縣棲地保育學會於鯉魚潭進行5~8月螢火蟲調查；中華民國荒野保護協會(2010)於馬太鞍進行6~11月螢火蟲調查。黃國靖等(2011)執行花蓮縣平地造林區森林性動物一整年監測計畫時，針對地棲性昆蟲調查中記錄到螢火蟲；陳燦榮與鄭明倫(2012a, b)於西拉雅國家風景區進行12個月的螢火蟲調查同時，對賞螢地點選定與賞螢活動規劃諸多論述。同年，吳加雄(2012)於池南國家森林遊樂區及外圍的荖溪進行12個月螢火蟲相關調查研究；張志遠(2013)於烏來桶後林道內進行連續17個月螢火蟲資源調查；王億傑(2012)與陳陽發等(2014)研究報導溪頭的螢火蟲；劉佳育(2015)研究臺中市四角林林場的黑翅螢族群。

總計自1990年代後，因為區域性長期的持續調查，累計至少發現22種新的種類(Jeng et al., 1998~2014，陳燦榮與鄭明倫，2011，2012a)。

## (二) 花蓮地區及花蓮林區管理處所轄之國家森林遊樂(園)區螢火蟲物種紀錄

近十餘年來針對螢火蟲的相關調查與研究雖然快速增加，但多集中在西部地區，只有10餘篇與花蓮地區相關的調查報告或著作(Jeng et al., 1998a, b, 1999a, b, 2000, 2001, 2003, 2007；鄭明倫等，1999；陳仁昭,2000；何健鎔，2004a；吳加雄，2010、2012；林晏州等，2010；黃國靖等，2011；花蓮縣棲地保育學會，2015)。Jeng et al.(1998a, b, 1999a, b, 2000, 2001, 2003a, 2007)陸續發表或記錄了花東雙櫛角螢(*Cyphonocerus hwadongensis* Jeng et al.)、高山雙櫛角螢(*C. jenniferae* Jeng et al.)、高山弩螢(*Drilaster atricollis* Nakane)、3種脈翅螢(*Curtos* spp.)、4種窗螢(*Pyrocoelia* spp.)、雲南扁螢(*Lamprigera yunnana* (Fairmaire))、3種短角窗螢(*Diaphanes* spp.)、三節熠螢(*Luciola triculida* Jeng et Lai)、及2種櫛角螢(*Vesta* spp.)於花蓮，特別是在萬榮林道；鄭明倫等(1999)整理台灣六座國家公園的螢火蟲相，當中太魯閣國家公園(全境位於花蓮縣內)共紀錄有14種螢火蟲，而玉山國家公園的南安(花蓮縣卓溪鄉)也有10種；陳仁昭(2000)所著「富源的蝴蝶和螢火蟲」記錄了7屬12種螢火蟲；何健鎔等(2004a)於「火金姑來照路」生態之旅活動與螢火蟲解說教育訓練計畫中，亦於富源國家森林遊樂區進行3個月螢火蟲調查，記錄了8屬15種螢火蟲，其中有11種與陳仁昭相同；吳加雄(2010)的黑翅晦螢(=黑翅螢 *Abcondita cerata* (Olivier))研究中，使用了富源國家森林遊樂區的個體；林晏州等(2010)委託花蓮棲地保育學會於5~8月在鯉魚潭進行四個月23次密集性螢火蟲資源調查，其中有2條調查路線

為池南國家森林遊樂區鯉魚山段範圍，共記錄到6屬9種螢火蟲；吳加雄(2012)執行池南國家森林遊樂區為期一年的螢火蟲資源調查，共記錄到8屬17種螢火蟲；黃國靖等(2011)執行大農大富平地森林園區森林性動物一整年監測計畫時，記錄到3屬3種螢火蟲幼蟲。花蓮縣棲地保育學會(2015)於大農大富平地森林園區南環道段進行2次螢火蟲調查，記錄到2屬2種螢火蟲成蟲。

整理迄今文獻中曾記錄於花蓮地區的螢火蟲物種共計 33 種(表 1-1)，然而其中姬脈翅螢(編號 19)有可能是鑑定錯誤，姬脈翅螢(*Curtos impolitus* (Olivier))的模式產地為恆春半島的港口村(舊稱 Kankau)，其已知的分布為西部臺南以南區域。黃肩脈翅螢(*Curtos mundulus* (Olivier)，編號 18)則廣泛分布於中、南部及花蓮(含)以南地區，個體及前翅斑紋變化頗大，其小型個體容易被誤認為姬脈翅螢(陳燦榮與鄭明倫，2012b)。本團隊成員往年曾參與林晏州等(2010)及荒野保護協會不定期於鯉魚潭或鯉魚山之螢火蟲調查，亦曾將小型的黃肩脈翅螢誤判為姬脈翅螢，因此懷疑此記錄為鑑定錯誤。而吳加雄(2012)於池南國家森林遊樂區螢火蟲資源調查中所列之長胸窗螢幼蟲圖像(編號 30)，則確認為突胸窗螢(*Pyrocoelia prolongata* Jeng et al.)的幼蟲(何健鎔與朱建昇，2002b)。是故花蓮地區目前已知確定螢火蟲種類應為 31 種。扣除僅發現於太魯閣國家公園及玉山國家公園南安地區的種類(高山雙櫛角螢(編號 2)、紅弩螢(4)、高山弩螢(5)、黃胸黑翅螢(8)、擬紋螢(15)、神木螢(24)、卵翅櫛角螢(32))，屬於花蓮林區管理處所轄之國家森林遊樂區及園區之種類共有 24 種，其中大農大富平地森林園區有 5 種，分別是大胸螢黑翅(編號 9)、黑翅晦螢(11)、大陸窗螢(25)、山窗螢(28)與雲南扁螢(33)。

表 1-1、文獻中曾紀錄於花蓮地區的螢火蟲種類名錄及地點

中名	種 名	文獻來源及記錄地點
1 花東雙榆角螢	<i>Cyphonocerus hwadongensis</i> Jeng, Yang and Satô	Jeng et al.(1998a : 安通)
2 高山雙榆角螢	<i>Cyphonocerus jenniferae</i> Jeng, Yang and Satô	Jeng et al.(1999a : 碧綠)
3 奧氏弩螢	<i>Drilaster olivieri</i> (Pic)	鄭明倫等(1999 : 神祕谷)、吳加雄(2012 : 池南)
4 紅弩螢	<i>Drilaster purpureicollis</i> (Pic)	鄭明倫等(1999 : 神祕谷)
5 高山弩螢	<i>Drilaster atricollis</i> Nakane	Jeng et al.(1999a : 碧綠)、鄭明倫等(1999 : 南湖溪)
6 雙色垂鬚螢	<i>Stenocladus bicoloripes</i> Pic	鄭明倫等(1999 : 神祕谷)、陳仁昭(2000 : 富源)、何健鎔(2004a : 富源)
7 黃緣螢	<i>Aquatica ficta</i> (Olivier)	荒野保護協會(2010 : 馬太鞍)
8 黃胸黑翅螢	<i>Aquatica hydrophila</i> (Jeng, Lai and Yang)	鄭明倫等(1999 : 南安)
9 大晦螢 (=大端黑螢)	<i>Abscondita anceyi</i> (Olivier)	鄭明倫等(1999 : 南安)、陳仁昭(2000 : 富源)、何健鎔(2004a : 富源)、林晏州等(2010 : 鯉魚潭)、荒野保護協會(2010 : 馬太鞍)、黃國靖等(2011 : 大農大富)、吳加雄(2012 : 池南)
10 中華晦螢 (=端黑螢)	<i>Abscondita chinensis</i> (L.)	何健鎔(2004a : 富源)
11 黑翅晦螢 (=黑翅螢)	<i>Abscondita cerata</i> (Olivier)	鄭明倫等(1999 : 南安)、陳仁昭(2000 : 富源)、大場信義與楊平世(2003 : 花蓮市)、何健鎔(2004a : 富源)、吳加雄(2010 : 富源; 2012 : 池南)、林晏州等(2010 : 鯉魚潭)、荒野保護協會(2010 : 馬太鞍)、花蓮縣棲地保育學會(2015 : 大農大富)
12 紅胸黑翅螢	<i>Luciola kagiana</i> Matsumura	鄭明倫等(1999 : 布洛灣、神祕谷)、陳仁昭(2000 : 富源)、何健鎔(2004a : 富源)、林晏州等(2010 : 鯉魚潭)、荒野保護協會(2010 : 馬太鞍)、吳加雄(2012 : 池南)
13 小紅胸黑翅螢	<i>Luciola satoi</i> Jeng and Yang	吳加雄(2012 : 池南)
14 紋胸黑翅螢 (=紋螢)	<i>Luciola filiformis</i> Olivier	鄭明倫等(1999 : 南安、神祕谷)、陳仁昭(2000 : 富源)、何健鎔(2004a : 富源)、吳加雄(2012 : 池南)
15 擬紋螢	<i>Luciola curtithorax</i> Pic	鄭明倫等(1999 : 南安)
16 三節熠螢	<i>Luciola trillucida</i> Jeng and Lai	Jeng et al.(2003a : 萬榮林道)、林晏州等(2010 : 鯉魚潭)
17 梭德氏脈翅螢	<i>Curtos sauteri</i> Olivier	何健鎔(2004a : 富源)、吳加雄(2012 : 池南)
18 黃肩脈翅螢	<i>Curtos mundulus</i> (Olivier)	Jeng et al. (1998b : 萬榮林道)、何健鎔(2004a : 富源)、林晏州等(2010 : 鯉魚潭)、吳加雄(2012 : 池南)
19 姬脈翅螢 ※	<i>Curtos impolitus</i> (Olivier)	吳加雄(2012 : 池南)
20 暗褐脈翅螢	<i>Curtos obscuricolor</i> Jeng and Lai	Jeng et al.(1998b : 萬榮林道)、鄭明倫等(1999 : 南安)、陳仁昭(2000 : 富源)、何健鎔(2004a : 富源)
21 黃脈翅螢	<i>Curtos costipennis</i> (Gorham)	Jeng et al.(1998b : 萬榮林道)、鄭明倫等(1999 : 南安)、吳加雄(2012 : 池南)、荒野保護協會(2010 : 馬太鞍)

22 蓬萊短角窗螢	<i>Diaphanes formosus</i> Olivier	鄭明倫等(1999：南安)、Jeng et al.(2001：神秘谷、瑞穗)、何健鎔(2004a：富源)、林晏州等(2010：鯉魚潭)、荒野保護協會(2010：馬太鞍)、吳加雄(2012：池南)
23 橙螢	<i>Diaphanes citrinus</i> Olivier	鄭明倫等(1999：南安)、Jeng et al.(2001：梅園)、何健鎔(2004a：富源)、林晏州等(2010：鯉魚潭)、荒野保護協會(2010：馬太鞍)、吳加雄(2012：池南)
24 神木螢	<i>Diaphanes nubilus</i> Jeng and Lai	鄭明倫等(1999：慈恩)、Jeng et al.(2001：碧綠)
25 大陸窗螢 (= 台灣窗螢)	<i>Pyrocoelia analis</i> (Fabricius)	荒野保護協會(2010：馬太鞍)、花蓮縣棲地保育學會(2015：大農大富)
26 紅胸窗螢	<i>Pyrocoelia formosana</i> Olivier	Jeng et al.(1999b：太魯閣、慈恩、萬榮林道)、鄭明倫等(1999：神秘谷)、陳仁昭(2000：富源)、何健鎔(2004a：富源)、荒野保護協會(2010：馬太鞍)、吳加雄(2012：池南)
27 赤腹窗螢	<i>Pyrocoelia sanguiniventer</i> Olivier	Jeng et al.(1999b：神秘谷、鳳林)、吳加雄(2012：池南)
28 山窗螢	<i>Pyrocoelia praetexta</i> Olivier	Jeng et al.(1999b：太魯閣)、鄭明倫等(1999：南安、神秘谷、布洛灣)、陳仁昭(2000：富源)、何健鎔(2004a：富源)、林晏州等(2010：鯉魚潭)、黃國靖等(2010：大農大富)、荒野保護協會(2010：馬太鞍)、吳加雄(2012：池南)
29 突胸窗螢	<i>Pyrocoelia prolongata</i> Jeng and Lai	Jeng et al.(1999b：碧綠)、鄭明倫等(1999：碧綠)
30 長胸窗螢 ※	<i>Pyrocoelia</i> sp.	吳加雄(2012：池南)
31 赤腹櫛角螢	<i>Vesta impressicollis</i> Fairmaire	鄭明倫等(1999：神秘谷)、何健鎔(2004a：富源)、Jeng et al.(2007：神秘谷、萬榮林道)、吳加雄(2012：池南)
32 卵翅櫛角螢	<i>Vesta rufiventris</i> (Motschulsky)	Jeng et al.(2007：同禮)
33 雲南扁螢	<i>Lamprigera yunnana</i> (Fairmaire)	鄭明倫等(1999：布洛灣、神秘谷)、Jeng et al.(2000：神秘谷、陳仁昭(2000：富源)、大場信義與楊平世(2003：花蓮市)、何健鎔(2004a：富源)、林晏州等(2010)、荒野保護協會(2010：馬太鞍)、黃國靖等(2011：大農大富)、吳加雄(2012：池南)

※：表示可能為鑑定錯誤種類

(資料來源：文獻整理)

#### 四、參考文獻

- 大場信義、楊平世。2003。 Тайワンボタル *Luciola cerata* Olivier のパターンとコミュニケーション・システム。横須賀市博研報(自然) 50(1)：1-12。
- 王億傑。2012。溪頭地區螢火蟲資源調查與黑翅螢監測。國立臺灣大學昆蟲學系碩士論文。臺北市。

- 中央研究院。臺灣總督府資料庫。鹽水港製糖會社。2016/09/06。取自  
<https://sotokufu.sinica.edu.tw/topic/database/topic/05/topic05.html>
- 中華民國荒野保護協會。2010。國家重要濕地「馬太鞍溼地螢光閃閃」計畫報告書。內政部營建署，臺北市。
- 水土保持局。農村再生歷程網：花蓮縣光復鄉馬佛社區農村再生計畫。  
2016/08/31。取自  
[http://ep.swcb.gov.tw/EP/Community.aspx?CM\\_ID=CM2011101811373812](http://ep.swcb.gov.tw/EP/Community.aspx?CM_ID=CM2011101811373812)。
- 朱耀沂。1984。臺灣南部早期昆蟲學的研究。中華昆蟲 4: 121–126。
- 朱耀沂。2005。臺灣昆蟲學史話。玉山社，臺北市。
- 何健鎔。1997。黑暗中的小燈籠—螢火蟲。農委會特有生物保育中心，南投縣集集鎮。
- 何健鎔、姜碧惠。2002。螢光水影—水生螢火蟲的保育與復育。農委會特有生物保育中心，南投縣集集鎮。
- 何健鎔、朱建昇。2002。臺灣賞螢地圖。晨星出版有限公司，臺中市。
- 何健鎔。2004a。「火金姑來照路」生態之旅活動與螢火蟲解說教育訓練計畫。  
農委會林務局花蓮林區管理處，花蓮縣花蓮市。
- 何健鎔。2004b。奧萬大森林遊樂區螢火蟲資源調查及賞螢活動可行性評估  
(1/2)。農委會林務局南投林區管理處，南投縣草屯鎮。
- 何健鎔。2006。嘉義山區螢火蟲資源調查及生態導覽解說手冊製作。農委會林務局嘉義林區管理處，嘉義市。
- 何健鎔。2007。八仙山國家森林遊樂區螢火蟲資源調查及復育規劃。農委會林務局東勢林區管理處，臺中市。

- 松村 松年。1918。日本の螢。教育畫報 6(3): 82–89。
- 岡田 要。1931。本邦産螢類學名の考察。動物學雜誌 43: 130–149。
- 林晏州、林寶秀、沈立。2010。花東縱谷觀光資源調查暨遊憩發展建構細部規劃案。交通部觀光局花東縱谷管理處，花蓮縣花蓮市。
- 林務局。台灣山林悠遊網/平地森林園區/大農大富平地森林園區。2016/08/31。  
取自[http://recreation.forest.gov.tw/fp/FP\\_2\\_1.aspx?FP\\_ID=08001](http://recreation.forest.gov.tw/fp/FP_2_1.aspx?FP_ID=08001)。
- 吳加雄。2001。東勢林場螢火蟲生態研究。國立臺灣大學昆蟲學系碩士論文，臺北市。
- 吳加雄。2010。黑翅螢之生物學與保育研究。國立臺灣大學昆蟲學系博士論文，臺北市。
- 吳加雄。2012。池南國家森林遊樂區螢火蟲資源調查計畫。農委會林務局花蓮林區管理處，花蓮縣花蓮市。
- 吳婉君、彭仁君。2007。臺灣窗螢(鞘翅目：螢科)棲地環境因子與族群變動。台灣昆蟲 27：31–45。
- 邱劭章。2007。屏東縣長治地區台灣窗螢(*Pyrocoelia analis* (Fabricius))之生殖週期與棲地選擇。國立高雄師範大學生物科學系碩士論文，高雄市。
- 邱俊豪。2010。紋胸黑翅螢(*Luciola filiformis* Olivier)與黑翅螢(*Abscondita cerata* Olivier)(Coleoptera：Lampyridae)的同步發光行為。國立臺南大學環境生態與技術學系碩士論文，臺南市。
- 花蓮縣棲地保育學會。2015。104年大農大富平地森林園區螢火蟲資源調查計畫報告。農委會林務局花蓮林區管理處，花蓮縣花蓮市。
- 紀有亭、陳靜儀、蘇才峰、陳鳳梅。2012。花東縱谷中的瑰寶：大農大富平地森林園區。農政與農情 236 期。(電子報)
- 素木 得一。1918。台灣的螢。台灣博物學會會報 8：89–90。

- 陳仁昭。2000。富源的蝴蝶和螢火蟲。農委會林務局花蓮林區管理處，花蓮市。
- 陳仁昭。2008。高屏地區國家森林遊樂區螢火蟲生態導覽解說手冊。農委會林務局屏東林區管理處，屏東縣屏東市。
- 陳仲賢、何湘梅。2008。推動平地景觀造林及綠美化計畫執行成果。農政與農情 192 期。(電子報)
- 陳陽發、楊平世、王亞男。2014。溪頭賞螢趣。國立臺灣大學生物資源暨農學院管理處，南投縣竹山鎮。
- 陳燕釗。2014。花蓮大和社區以客家移民工文化為基礎結合當地資源發展深度旅遊促進地域再生之探討研究。客委會獎助客家學術研究論文，新北市。
- 陳燦榮。1999。臺灣螢火蟲生態導覽。田野影像出版社，臺北市。
- 陳燦榮。2003。臺灣螢火蟲。田野影像出版社，臺北市。
- 陳燦榮、鄭明倫。2009。墾丁國家公園螢火蟲資源調查及應用。墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 陳燦榮、鄭明倫。2010。墾丁國家公園螢火蟲資源調查與應用(II) –社頂及滿州部落生態旅遊推動。墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 陳燦榮、鄭明倫。2011。墾丁國家公園螢火蟲資源調查及應用—民國 100 年補充調查計畫。墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 陳燦榮、鄭明倫。2012a。西拉雅國家風景區螢火蟲資源調查及應用案。交通部觀光局西拉雅國家風景區管理處，臺南市。
- 陳燦榮、鄭明倫。2012b。螢在西拉雅。交通部觀光局西拉雅國家風景區管理處，臺南市。
- 張子文、郭啟傳、林偉洲。2003。台灣歷史人物小傳—明清暨日據時期。國家圖書館，臺北市。
- 張榮德。2010。溪頭地區鋸角雪螢 *Diaphanes lampyroides* (Olivier, 1891)

- 棲地選擇與生活史之研究。國立高雄師範大學生物科技系碩士論文，高雄市。
- 張志遠。2013。新北市烏來地區桶后林道螢火蟲多樣性與季節變化。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士論文，臺北市。
- 黃國靖、楊懿如、許育誠、吳海音。2011。花蓮縣平地造林區森林性動物監測計畫。農委會林務局花蓮林區管理處，花蓮縣花蓮市。
- 楊綠洲。2009。台灣第一個蔗作移民糖廠：花蓮糖廠。台糖通訊 1972：6-8。
- 楊懿如、薛惠芳、郭依珊、林沛晨、龔文斌。2015。公民科學家參與平地森林園區脊椎動物監測調查之研究。第六屆兩岸四地可持續發展教育論壇論文匯編，17頁。中國山東省青島市，2015/09/25。
- 趙仁方。2005。利嘉林道螢火蟲生態初步調查。農委會林務局臺東林區管理處。臺東縣臺東市。
- 趙于震。2012。屏東九如地區黃緣螢棲地環境調查研究。國立屏東科技大學水土保持系碩士論文，屏東縣內埔鄉。
- 潘繼道。2010a。近代東臺灣木瓜番歷史變遷之研究。東華人文學報 16:101-157。
- 潘繼道。2010b。「加禮宛事件」後奇萊平原與東海岸部落地圖之變遷。潘朝成、施正鋒(編輯)。加禮宛戰役。國立東華大學原住民族學院出版，花蓮縣壽豐鄉。
- 劉佳育。2015。人工鋤草對黑翅晦螢微棲地環境與族群的影響。國立中興大學生命科學系碩士論文，臺中市。
- 鄭明倫。2010。福蝶名人堂。動物園雜誌 119：28-33。
- 鄭明倫、賴郁雯、楊平世。1999。臺灣六座國家公園螢火蟲相概要。中華昆蟲 19：65-92。
- 鄭有成。2012。臺南關子嶺地區螢火蟲多樣性與大端黑螢交配行為初探。國立中山大學生物科學系碩士論文，高雄市。

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。

Jeng ML, Yang PS and Satô M. 1998a. The genus *Cyphonocerus* (Coleoptera, Lampyridae) from Taiwan and Japan, with notes on the subfamily Cyphonocerinae. *Elytra* 26: 379–398.

Jeng ML, Yang PS, Satô M and Chang CJ. 1998b. The genus *Curtos* (Coleoptera, Lampyridae, Luciolinae) of Taiwan and Japan. *Japanese Journal of Systematic Entomology* 4: 331–347.

Jeng ML, Yang PS and Satô M. 1999a. An additional new species of *Cyphonocerus* (Coleoptera, Lampyridae, Psilocladinae) from Taiwan. *Elytra* 27: 405–408.

Jeng ML, Lai J, Yang PS and Satô M. 1999b. On the validity of the generic name *Pyrocoelia* Gorham (Coleoptera, Lampyridae, Lampyrinae), with a review of Taiwanese species. *Japanese Journal of Systematic Entomology* 5: 347–362.

Jeng ML, Lai J, Yang PS and Satô M. 2000. Notes on the taxonomy of *Lamprigera yunnana* (Fairmaire) and the genus *Lamprigera* Motschulsky (Coleoptera, Lampyridae). *Japanese Journal of Systematic Entomology* 6: 313–319.

Jeng ML, Lai J, Yang PS and Satô M. 2001. Revision of the genus *Diaphanes* Motschulsky (Coleoptera, Lampyridae, Lampyrinae) of Taiwan. *Japanese Journal of Systematic Entomology* 7: 203–235.

Jeng ML, Yang PS and Lai J. 2003a. Notes on the genus *Luciola* (Coleoptera, Lampyridae, Luciolinae) of Taiwan. *Special Bulletin of the Japanese*

- Society of Coleopterology, Tokyo 6: 247–262.
- Jeng ML, Lai J and Yang PS. 2003b. Lampyridae: a review of aquatic fireflies with description of a new species. Pp. 539–562. *In* Jäch MA and Ji L. (eds.), Water Beetles of China Vol. III. Zoologische -Botanische Gesellschaft in Österreich and Wiener Coleopterologenverein; Wien, Österreich.
- Jeng ML, Yang PS and Engel M. 2007. The firefly genus *Vesta* in Taiwan (Coleoptera: Lampyridae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 80: 265-280.
- Olivier E. 1911. Révision de Lampyrides III. *Revue Scientifique du Bourbonnais* 24: 63–85.
- Kano T. 1931. Three unrecorded fire-flies from Japan Empire. *Kontyu* 4: 242–245. [in Japanese]
- Matsumura M. 1928. The fireflies. pp. 59-70. *In* : Interesting Insects as Education Material. Toyodo Shoten, Tokyo [in Japanese].
- Miwa Y. 1931. Lampyridae. pp. 99-102. *In* Y. Miwa (ed.) A systematic catalogue of Formosan Coleoptera. Report No. 55, Dept. Agriculture, Government Research Institute, Formosa, Taihoku [=Taipei]
- Nakane T. 1967a. On the genus *Cyphonocerus* Kiesenwetter in Japan and Formosa (Coleoptera: Lampyridae). *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo* 10(1): 7–9.
- Nakane T. 1967b. Description of three new species of lycid-beetles from Formosa, with notes on some others (Insecta, Coleoptera). *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo* 10(3): 284–289.

- Nakane T. 1977. New or little-known Coleoptera from Japan and its adjacent regions. *Fragmenta Coleoptera* 22/24: 88–96.
- Olivier E. 1911. Lampyridae rapports de Formose par M. Hans Sauter. *Annali del Museo civico di Storia naturale di Genova* 45: 145–148.
- Olivier E. 1913. H. Sauter's Formosa-Ausbeute, Lampyridae (Col.). *Entomologische Mitteilungen* 2: 269–272.
- Pic M. 1911a. H. Sauter's Formosa-Ausbeute: Cantharidae, Lampyridae, Mordellidae (Col.). *Deutsche Entomologische National-Bibliothek* 2: 188–189.
- Pic M. 1911b. Sur quelques *Ototreta* E. Oliver. *Revue Scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France* 1911: 35–36.
- Pic M. 1911c. Coléoptères exotiques nouveaux ou peu connus. *L'Echange* 27: 142–144.
- Pic M. 1916. Diagnoses génériques et spécifiques. *Mélanges exotico-Entomologiques* 18: 2–20.
- Pic M. 1917. Diagnoses génériques et spécifiques. *Mélange exotico-Entomologiques* 22: 2–20.
- Pic M., 1918. Diagnoses génériques et spécifiques. *Mélanges exotico-Entomologiques* 23: 1–24.
- Pic M. 1944. Diagnoses génériques et spécifiques. *Opuscula martialia* 12: 1–16.

## 貳、計畫項目與目標

依據「大農大富平地森林園區螢火蟲資源調查暨解說手冊出版計畫案契約書」，本案之工作事項包含以下五部份，項目與內容分述如下：

### 一、園區內螢火蟲種類普查

依據契約書內容，至少進行 12 個月每月二次之調查。調查日期將避開園區內舉行大型活動之日期，調查日期若遇雨則延期。調查結果包含物種普查(物種名錄)、螢火蟲棲群(community)相對數量與月份波動、各物種成蟲發生期三項資料。此外亦藉由文獻整理、博物館標本檢查等輔助方式，建立包含富源及池南國家森林遊樂區等花蓮林區管理處所轄範圍之螢火蟲名錄。

### 二、辦理志工及管理處相關人員參與調查、解說培訓

依據契約書內容，需辦理 4 場，每場各 5 小時(含室內講解及室外操作)，共 20 小時的課程。培訓對象主要為花蓮林區管理處平森社區志工、國家森林志工以及管理處相關人員，培訓方式採室內講解研習及戶外實地調查操作等方式進行。

### 三、提供大農大富平地森林園區螢火蟲棲地經營管理之建議，並提出合理利用螢火蟲資源種類及方式，以利生態旅遊操作

生態旅遊之目標乃在創造地方與其自然環境共存共榮的機會，本團隊於本計畫案中，蒐集園區內不同種類螢火蟲之生態需求及其生態敏感性，結合螢火蟲與當地環境關係，針對賞螢需求運用多年來參與各地螢火蟲保育以及社區賞螢規劃

之經驗，提供包含棲地經營管理、理想賞螢季節、遊客車輛進出、賞螢點選定、賞螢動線、賞螢規範及解說等，符合自然保育與生態旅遊共榮之理想建議。

#### **四、賞螢手冊之撰寫與印製**

依契約書規定，需於 2016/01/15 日前提交手冊樣稿，並於 2016/03/01 前完成賞螢手冊 3000 本之編印。規格如下：包含封面、封底及內頁 64 頁，單頁尺寸 10×15 公分，採用雪銅 100 磅紙張，以環保油墨全彩印刷。

#### **五、解說專書之撰寫與印製**

依契約書規定，於 2016/08/31 前提交期末報告及專書樣稿，並於審查會議通過後 30 天內完成解說專書 500 本之出版（含書名、文稿撰寫、照片提供、美編排版及印刷）。規格如下：包含封面、封底、蝴蝶頁、書背、書名頁及版權頁等。內頁（封面、封底不算）至少 130 頁以上。單頁尺寸 A5（14.8×21 公分），穿線膠裝。封面紙張雪銅 250 磅，上霧光；內頁紙張雪銅 100 磅。手冊全彩印製並以環保油墨印刷。

## 參、執行與結果

### 一、園區內螢火蟲種類普查

自 2015/08 ~ 2016/08 間每月進行 2 次的調查。調查期間，除記錄螢火蟲數  
據外，亦記錄第一隻螢火蟲出現之時間、光照度、溫度及濕度等微氣候資料。另  
外，中央氣象局於花蓮糖廠內設有氣候站一座，然該氣候站僅有溫度而無濕度記  
錄，2015 全年及 2016/01 ~ 08 間之逐日溫度亦列於**附錄四**供參考。關於環境因  
子與螢火蟲棲地間的關聯性見 39~42 頁的討論。

#### (一) 調查方法與樣區選定

##### 1、調查方法

本計畫之調查方法，主要依循過去團隊實際調查所得之經驗(陳燦榮與鄭明  
倫，2009,2010, 2011, 2012)，再視現地環境與契約規範作細部修正。

螢火蟲可概分為日行性、夜行性及日夜兩行性等三類群，本案調查以三種方  
式進行，分別是日間採集、夜間定量採集與設定採集。三者共同任務為物種普查  
(species census)；日間採集是蒐集物種物候(phenology)資料最直接的方式；夜  
間定量採集主要目的在了解夜行性物種的棲群(community)組成與動態，季節性  
優勢物種，以及主要種類的族群(population)動態；設定採集由於可以在定期調  
查以外的時間持續採樣，對判斷物候與地區種類記錄具有重要的輔助功能。由於  
三種調查方法各自具有特定目的，因此主要調查對象也不盡相同，例如日間採集  
不易發現到夜行性的種類，反之夜間定量採集亦不易發現到日行性種類；另外，

並非所有夜行性種類都有明顯的發光現象，對於那些發光不明顯的種類，如雲南扁螢、雙色垂鬚螢等，在夜間採集就不容易被發現，然而設定採集卻可彌補此一缺陷，但是設定採集效果仍有其限制，例如目前已知效果最好的飛行攔截網採集，很難採到山窗螢、大陸窗螢等種類，但卻又很容易採到同為窗螢屬的紅胸窗螢、赤腹窗螢，其原因尚不詳。因此三種調查方法對物種普查有其互補功能。

野外調查每月進行兩次，每次 2~3 日(至少 2 夜)，每次 3~4 人(分為兩組)。日間選定不同地區進行定性調查，採集並記錄日行性或偶遇之夜行性種類；夜間則於選定的穿越線進行定量調查，定量調查結束後再視狀況至樣區外圍進行定性調查；設定採集之標本一般以每兩週的間隔收集，並記錄捕獲螢火蟲結果。以下詳述各類調查方法。

### **(1) 日間採集：**

在不同地區以定點或沿步道步行方式採集目擊到的螢火蟲。日行性螢火蟲一般會在葉面上停歇或活動，或是低空飛行。由於他們的體色多半帶有醒目的紅色，有經驗的調查人員不難從背景環境中找到他們。有些夜行性的螢火蟲個體，白天時會躲在葉面下休息，因此調查人員也會放慢腳步注意植株葉下是否有這些螢火蟲存在。相對於會發光的夜行性螢火蟲，日行性螢火蟲採集較不易，很少能一次採得大批樣本，且受到調查時的天候影響，因此其物候的判斷需要將目視採集與設定採集結果一併考量，才能得出較正確的結論。

### **(2) 夜間穿越線定量採樣：**

於北環道與南環道各選擇兩處螢火蟲資源較豐富又能搭配未來賞螢動線之

區域的步道為穿越線，長度各約 300 公尺。穿越線設置後，每次調查皆涵蓋所有穿越線，每晚兩組調查人員同時於兩條穿越線進行定量採樣。

調查人員在天黑前步行或開車抵達穿越線起點，等待天色昏暗時開始巡視步道。目擊第一隻螢火蟲開始發光時記錄其時間、種類、性別及光照度。定量採樣是以單位努力採獲量(capture per unit of effort)的每小時努力之採獲量(catch per hour of effort)進行，由 1 至 2 名經驗豐富之螢火蟲調查人員在固定距離內的穿越線內來回走動，在固定時間內盡量採集能採獲的個體。由過去研究與經驗得知，多數夜行性螢火蟲最活躍的時刻在日落後一小時內(吳加雄，2010；邱俊豪，2010；鄭明倫等，2014)，因此取此一小時的樣本為代表。調查時間分為前、後兩段，每段各半小時；第一段約在目擊第一隻螢火蟲發光後五分鐘內，或見到第二隻螢火蟲發光後開始，若螢火蟲密度太低遲遲未有螢火蟲出現，則在步徑中央胸高光照度降至 0.00 lux 時開始起算；第二段則在整理完第一段樣本後接續進行。兩段採集的目的，在檢驗出現的種類是否隨時間而有差異。採集時以網捕(可收縮蟲竿最長分別為 2.5 與 3.5 公尺，網框直徑 43 公分)為主，也撿拾地面或葉面上可見個體。第一段時間採得的個體先置於備用網內，待第二段採樣結束後再分開計數，以免重複取樣。採得的個體保留部分做為各段時間與地點的存證標本，其餘在計數後釋放，以免影響下次調查結果。

### (3) 設定採集：

根據本團隊過去經驗(陳燦榮與鄭明倫，2011, 2012a)，螢火蟲資源調查採用飛行攔截網(Flight interception trap，縮寫為 FIT)進行輔助調查最為理想。飛行

攔截網主要採集飛行中撞擊陷阱網面而落入收集器中的昆蟲。FIT 為自製，考量要久置於野外採樣，故設計上以堅固耐用為重點。使用兩根 1.6 公尺高不鏽鋼管綁繩固定做為支架，撐開寬 X 高=1 x 1.2 平方公尺之無色透明之 PVC 網面，網底離地 15 公分，底下放置 2 個銘黃色塑膠方盆(#500，45x34x12cm)，以 95% 乙醇(ethanol，化學式  $C_2H_5OH$ )與 1,2-丙二醇(propylene glycol，化學式  $CH_3CHOHCH_2OH$ )體積 1:1 混和溶液注入方盆內至約 4 分滿。丙二醇為低毒性的防腐劑，一般用於食品、蜜餞等添加，其密度大而濃稠，可與水或乙醇完全相溶，除具有防腐功能外也能降低溶液揮發速率，依據團隊過去使用經驗，若無大雨，效果可維持 2 週沒有問題。攔截網上方以不透明之帆布遮蓋做為頂篷，阻擋雨水直接落入陷阱稀釋溶液，並減少枯枝落葉掉落讓昆蟲攀爬逃離陷阱。頂篷及網具四腳綁繩並固定在附近植株上(圖 3-1)，頂端附上本計畫名稱、連絡人及電話，塑膠方盆前緣附上警語以避免民眾誤觸或是干擾(圖 3-2)。

一般每隔兩週收集樣本一次，現地挑出其中的螢火蟲標本，存放於裝填 95% 乙醇溶液之 5ml 閃爍計數瓶，並記錄各陷阱每次採到的螢火蟲種類及數量。非螢火蟲標本收集後置於裝填 95%乙醇溶液之密封塑膠罐內，送至國立自然科學博物館製成標本蒐藏保存。落入飛行攔截網內的枯枝落葉於每次蒐集標本時一併清除乾淨；收集保存樣本用的溶液視揮發與雨水稀釋狀況添加或更新，若遇大雨濺土或大量落葉使得溶液渾濁變色，則將原溶液更新。遭到污損或天災破壞之飛行攔截網的 PVC 視情況以清水清洗或完全更新。



圖 3-1：久置型飛行攔截網(照片來源：本調查資料)



圖 3-2：攔截網上之告示與警語(照片來源：本調查資料)

## 2、樣區選定

### (1) 穿越線選定：

2015/07 在園區南、北環道各選擇兩處螢火蟲資源較豐富，又能搭配未來賞螢動線規劃之區域的步道設置穿越線，共計四處，分別以南一、南二及北一、北二命名。各穿越線地理位置如表 3-1，於園區內所在位置如圖 3-3。

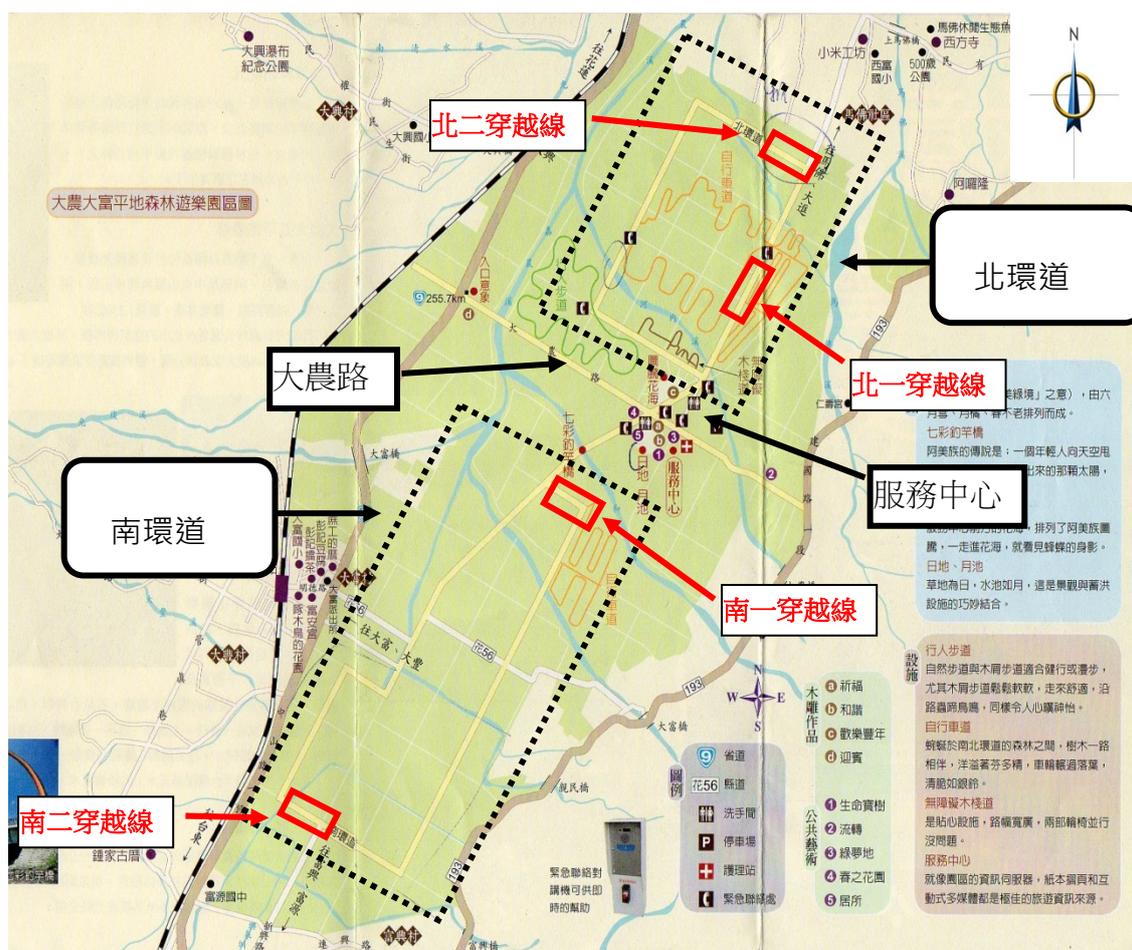
表 3-1、大農大富平地森林園區螢火蟲調查各穿越線設置地點

穿越線	北一穿越線 <sup>1</sup>	北二穿越線 <sup>1</sup>	南一穿越線 <sup>1</sup>	南二穿越線 <sup>1</sup>
北緯 <sup>2</sup>	23° 37' 48.27"	23° 37' 19.25"	23° 36' 22.27"	23° 35' 34.50"
東經 <sup>2</sup>	121° 25' 26.62'	121° 25' 15.24"	121° 24' 09.76"	121° 23' 26.40"
海拔(m)	152	168	175	171
長度(m)	300	300	300	300

1: 為穿越線名稱，定位點為該穿越線中段。

2: TWD97(=WGS84)座標系統，使用 Garmin GPS 定位之度/分/秒座標與海拔。

(資料來源：本調查資料)



圖片來源：行政院農委會林務局

圖 3-3：園區內各穿越線位置圖

四條穿越線皆為柏油車道，路寬約 5m。南一穿越線設於南環道 7.5K 處，位於七彩釣竿橋南側，穿越線兩旁主要為赤楊、臺灣欒樹林及榆樹林，地面密布蕨類。南二穿越線設於南環道 4K 處，穿越線前段有溝渠貫穿，北側有水池，植被為楓香林及白甘蔗、紅甘蔗、鳳梨及菜豆等作物；南側為平地，主要為無患子、阿伯勒及蔭香林。北一穿越線設於北環道 1K 處，東側林相為烏心石與楓香，西側為杜英及臺灣欒樹，地面皆密布小草及蕨類。北二穿越線設於北環道 2K 處，北側林相主要為相思樹、欖木、楠木，南側為臺灣欒樹、茄苳及無患子，兩側地面均密布蕨類及小草地被。

## (2) 攔截網設置點選定：

一般螢火蟲偏好棲息於濕度及鬱蔽度較高的林緣或森林下層。經現地勘察及評估，自 2015/08/01 起，在南、北環道各選定 6 處周圍具有多層次植被、林冠遮蔽度良好，人為干擾較少的環境設置飛行攔截網，各飛行攔截網設置點位置如圖 3-4 及 3-5，各飛行攔截網之地理位置及周圍植被資料如表 3-2。

飛行攔截網設置的目的為輔助調查，對象為隱蔽性較高、較難以目擊發現的物種。陷阱設置後採集狀況不理想或遭到人為干擾破壞，則調整設置位置。各攔截網之代號設定，北環道之攔截網以 N 為代號，南環道之攔截網以 S 為代號，後方數字為其所對應最接近之公里數，若兩攔截網所對應為同樣公里數，則較靠近道路者以-1、離道路較遠者以-2 表示。

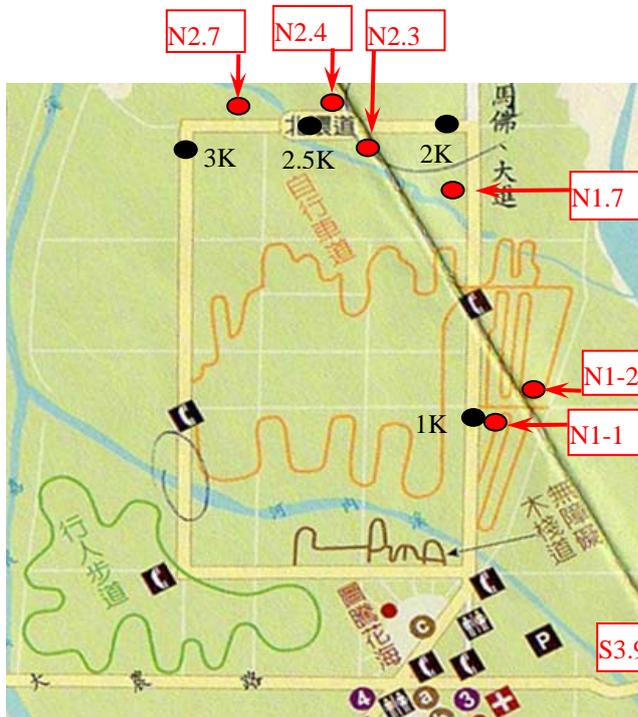


圖 3-4：北環道飛行攔截網架設位置

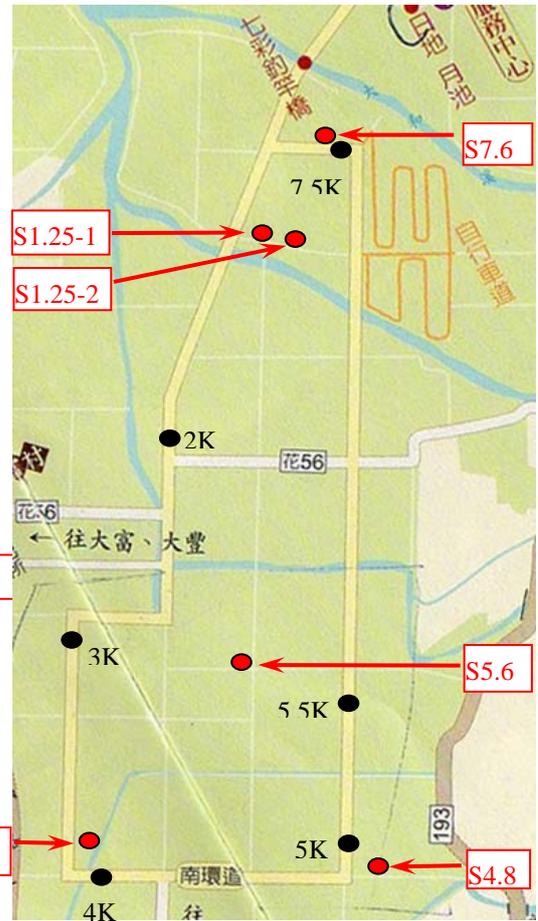


圖 3-5：南環道飛行攔截網架設位置

表 3-2、攔截網設置地點及主要植被

攔截網	北緯 <sup>1</sup>	東經 <sup>1</sup>	海拔(m)	主要植被
N1-1	23° 37'18.24"	121° 25' 16.01"	170	杜英林
N1-2	23° 37'17.60"	121° 25' 21.71"	175	蔭香、印度紫檀
N1.7	23° 37'44.60"	121° 25'28.97"	155	楓香、榆木
N2.3	23° 37'45.47"	121° 25' 29.78"	155	茄苳林

---

N2.4	23° 37'54.31"	121° 25' 16.50"	144	榆木林
N2.7	23° 37'56.68"	121° 25'08.65"	140	茄苳林
S1.25-1	23° 36'33.38"	121° 24'18.17"	175	大葉楠林、大花咸豐草、山蘇
S1.25-2	23° 36'31.80"	121° 24'20.61"	179	赤楊、大葉楠、光臘樹
S3.9	23° 35'39.21"	121° 23'26.56"	171	楓香林
S4.8	23° 35'21.67"	121° 23'53.51"	186	光臘樹林
S5.6	23° 35'49.11"	121° 23'53.99"	176	楓香林
S7.6	23° 36'39.35"	121° 24'32.24"	185	茄苳、赤楊

---

1: TWD97(=WGS84)座標系統，使用 Garmin GPS 定位之度/分/秒座標。

(資料來源：本調查資料)

## (二) 調查結果

### 1、物種普查

2015/08~2016/08 間共進行 28 次調查，穿越線調查記錄到大陸窗螢、山窗螢與黑翅晦螢 3 種螢火蟲；日間調查發現紅胸窗螢及雙色垂鬚螢 2 種；設定採集採得大陸窗螢、紅胸窗螢、黑翅晦螢、雙色垂鬚螢、與雲南扁螢共 5 種螢火蟲。

本計畫各調查細部結果見附錄一、二、三。

整理到目前的調查記錄，若加上黃國靖等(2011)及花蓮縣棲地保育學會(2015)之調查記錄，園區內共計發現 4 屬 7 種螢火蟲，名錄如表 3-3。

表 3-3：2015/07~2016/08 大農大富平地森林園區調查所得之螢火蟲名錄

中文名	學名	記錄來源	備註
黑翅晦螢	<i>Abscondita cerata</i>	花蓮縣棲地保育學會(2015)、本計畫	
大晦螢	<i>Abscondita anceyi</i>	黃國靖等(2011)	僅幼蟲
大陸窗螢	<i>Pyrocoelia analis</i>	花蓮縣棲地保育學會(2015)、本計畫	
紅胸窗螢	<i>Pyrocoelia formosana</i>	本計畫	
山窗螢	<i>Pyrocoelia praetexta</i>	黃國靖等(2011)、本計畫	
雲南扁螢	<i>Lamprigera yunnana</i>	黃國靖等(2011)、本計畫	
雙色垂鬚螢	<i>Stenocladus bicoloripes</i>	本計畫	

(資料來源：本調查資料與文獻整理)

## 2、穿越線定量調查

經 13 個月調查，結果見圖 3-6~3-12。不論是南環道或北環道，優勢物種皆為大陸窗螢與黑翅晦螢，山窗螢僅 2015/10~11 在北環道有兩次 3 隻的觀察紀錄。以下乃就兩個優勢物種分別討論。

### (1) 大陸窗螢

結果見圖 3-6~3-8。大陸窗螢在南北環道的發生週期類似，皆出現在 2015/08~10 以及 2016/03~08，例如 2015/09/03-04 發生盛期時，南環道採樣數接近 80 隻，北環道也超過 20 隻(13 個月調查中僅此一次)。綜合跨年觀察資

料，推測全年的發生期在 3~10 月，3 月下旬到 5 月中旬以及 9 月至 10 月初有比較高的數量(圖 3-6)，南環道的整體數量(2 樣點合併計算)顯著高於北環道者(two-sampled Wilcoxon Signed-Rank Test，單尾， $p = 0.00017$ )。

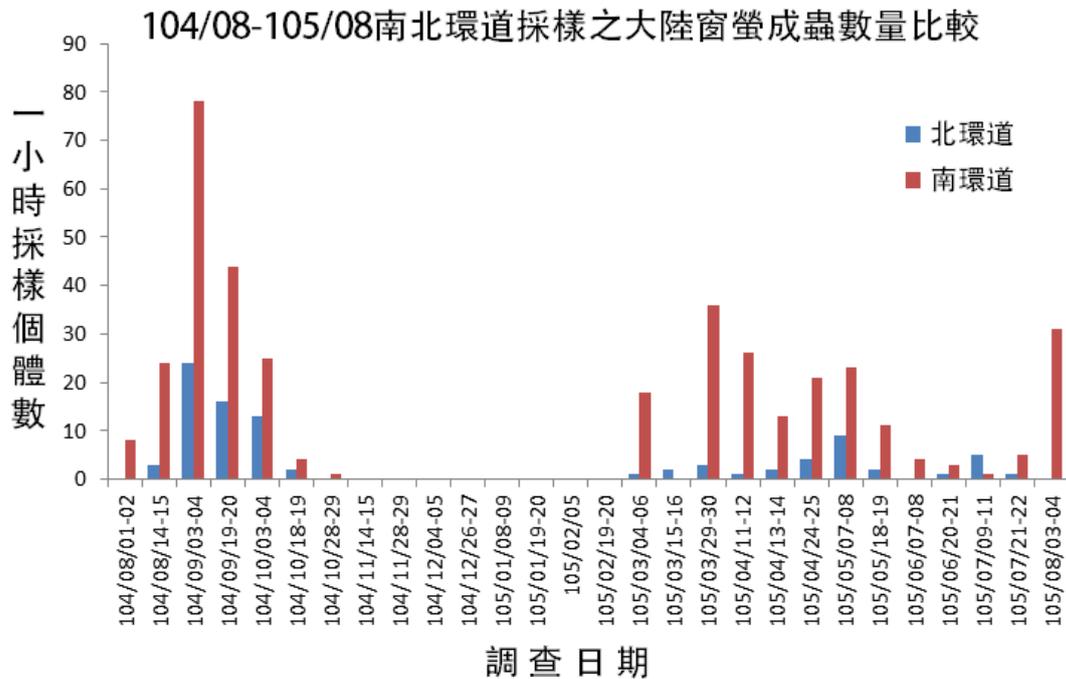


圖 3-6：2015/08~2016/08 大農大富平地森林園區南北環道所取樣之大陸窗螢成蟲數量比較(資料來源：本調查資料)

南、北環道的取樣結果見圖 3-7 與 3-8。南環道的 2 個採樣點間，4K 處的大陸窗螢數量顯著水準高於 7.5K 處(two-sampled Wilcoxon Signed-Rank Test，單尾， $p = 0.00212$ )，前者歷次調查絕大多數都在 20 隻以下，後者超過 20 隻的次數約佔一半；北環道 2 個樣點間則略有差異( $0.01 < p = 0.01928 < 0.05$ )，無論 1K 或 2.3K，歷次調查都很少超過 10 隻。

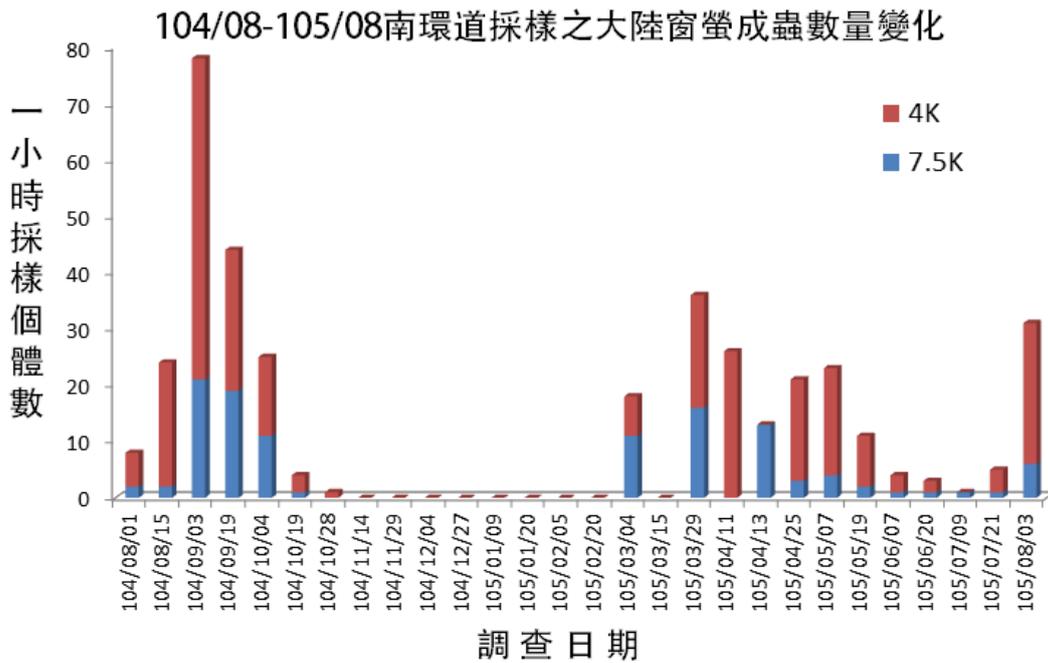


圖 3-7 : 2015/08-2016/08 大農大富平地森林園區南環道所取樣之大陸窗螢成蟲數量變化(資料來源：本調查資料)

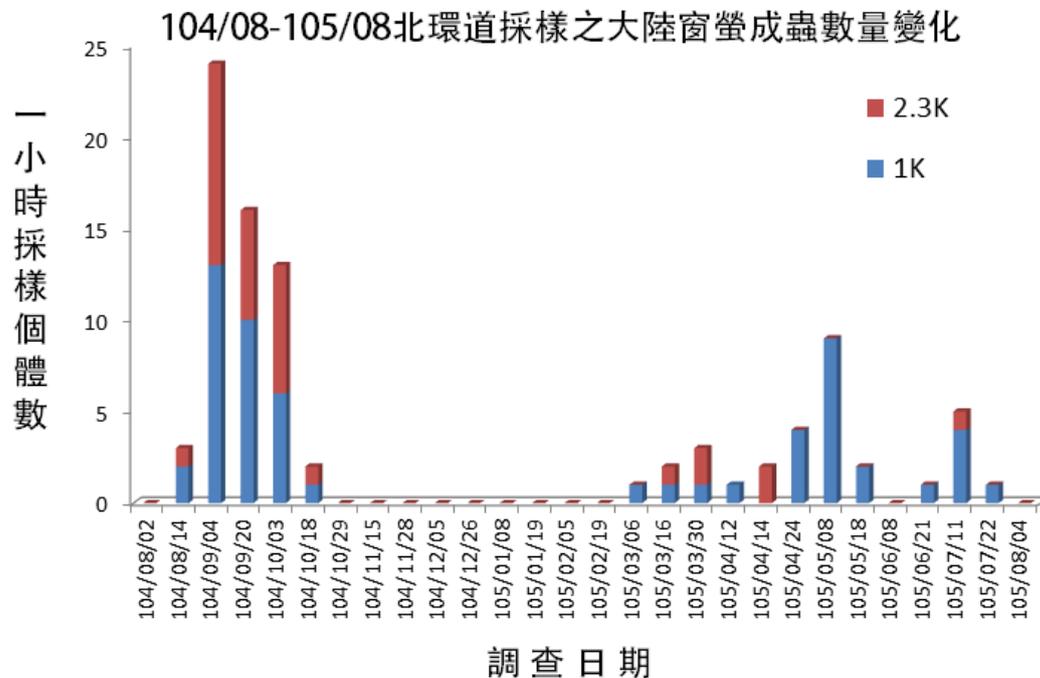


圖 3-8 : 2015/08-2016/08 大農大富平地森林園區北環道所取樣之大陸窗螢成蟲數量變化(資料來源：本調查資料)

## (2) 黑翅晦螢

由於 2015 年的調查由 8 月開始，已經錯過黑翅晦螢成蟲發生期，因此黑翅晦螢部分僅得 2016 年的數據。結果見圖 3-9~3-11。南北環兩地的發生期一致，皆出現在 3-4 月，5 月起的取樣便不再有成蟲的蹤跡(圖 3-9)。南北環道間之整體黑翅晦螢數量無顯著差異(pairwise t-test, 雙尾,  $p = 0.1792$ )。南環道與北環道各自之 2 樣點間皆無顯著差異(南環道  $p = 0.0911$ ，北環道  $p = 0.0549$ )，數量變化見圖 3-10 與 3-11。

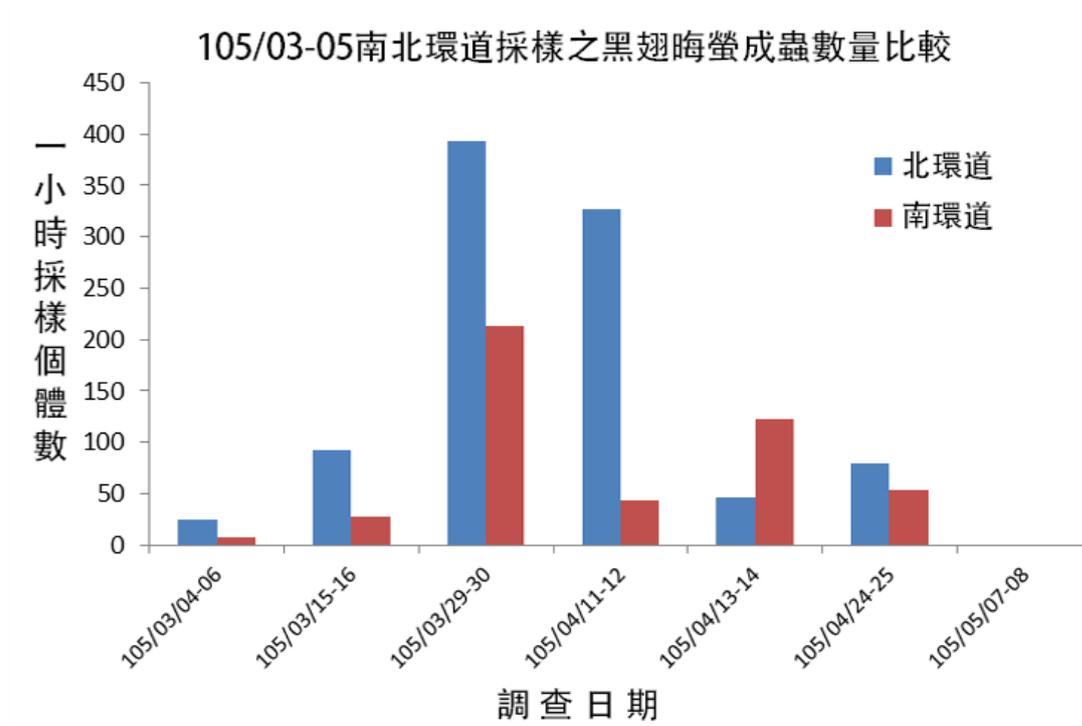


圖 3-9：2016/03~05 大農大富平地森林園區南北環道所取樣之黑翅晦螢成蟲數量比較(資料來源：本調查資料)

若將大陸窗螢與黑翅晦螢兩種優勢物種合併計算，則調查期間之螢火蟲總個體數於南北環道之間無顯著差異(two-sampled Wilcoxon Sign-Rank Test,  $p = 0.23404$ )。其月份間消長見圖 3-12。

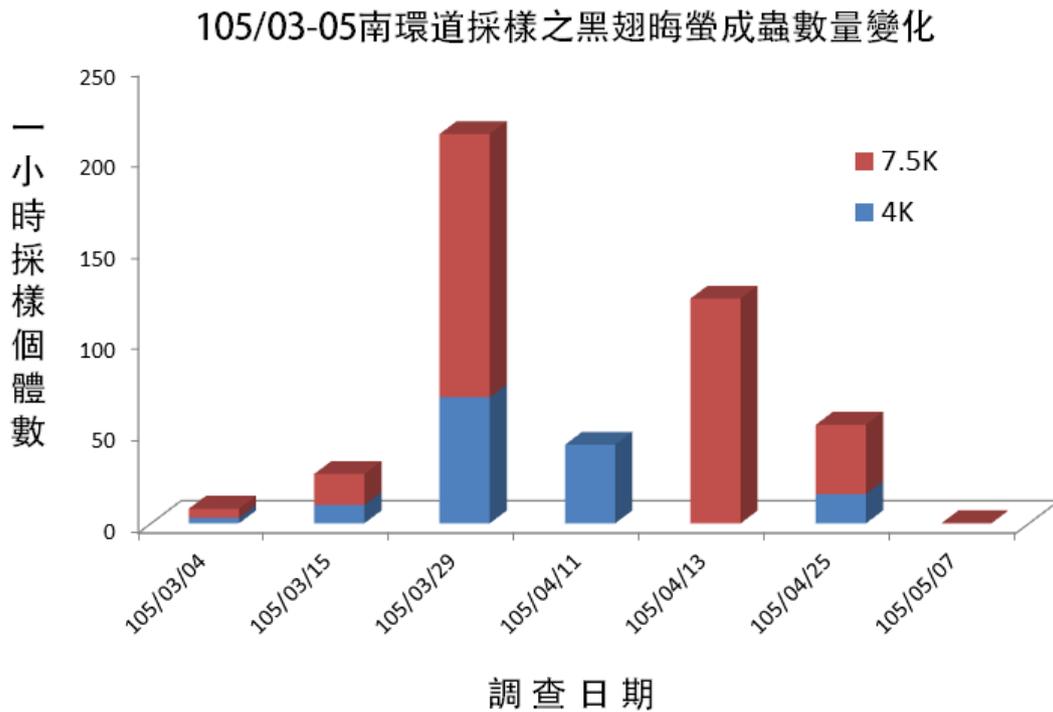


圖 3-10：2016/03~05 大農大富平地森林園區南環道所取樣之黑翅晦螢成蟲數量變化(資料來源：本調查資料)

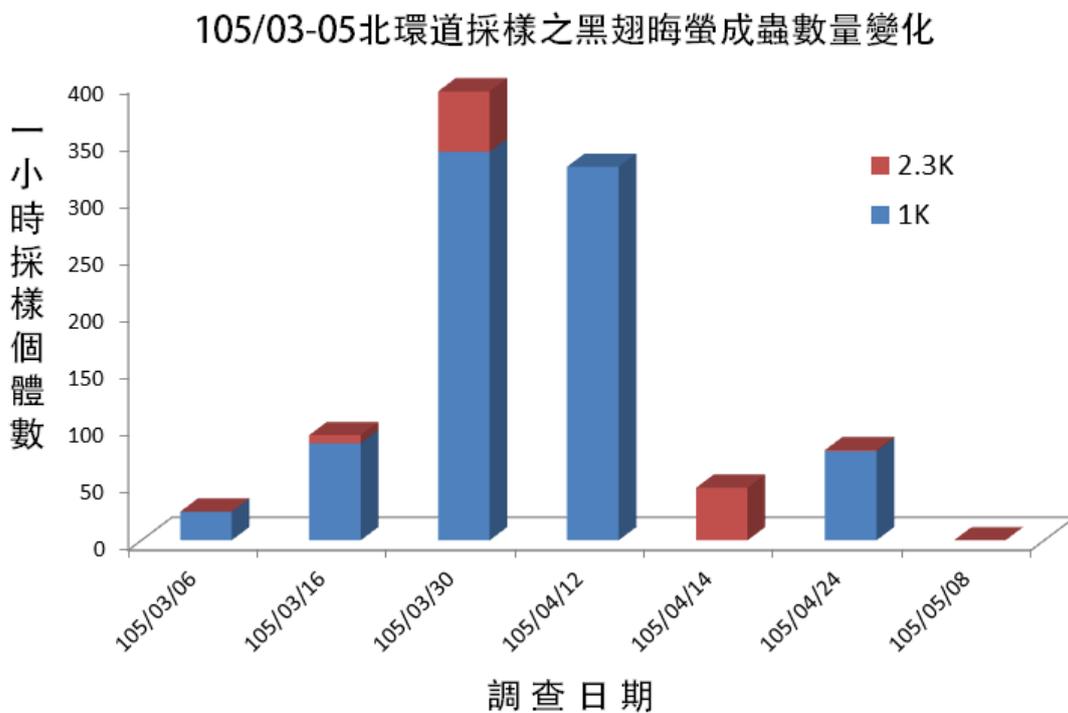


圖 3-11：2016/03~05 大農大富平地森林園區北環道所取樣之黑翅晦螢成蟲數量變化(資料來源：本調查資料)

104/08-105/08南北環道採樣之大陸窗螢+黑翅晦螢成蟲數量比較

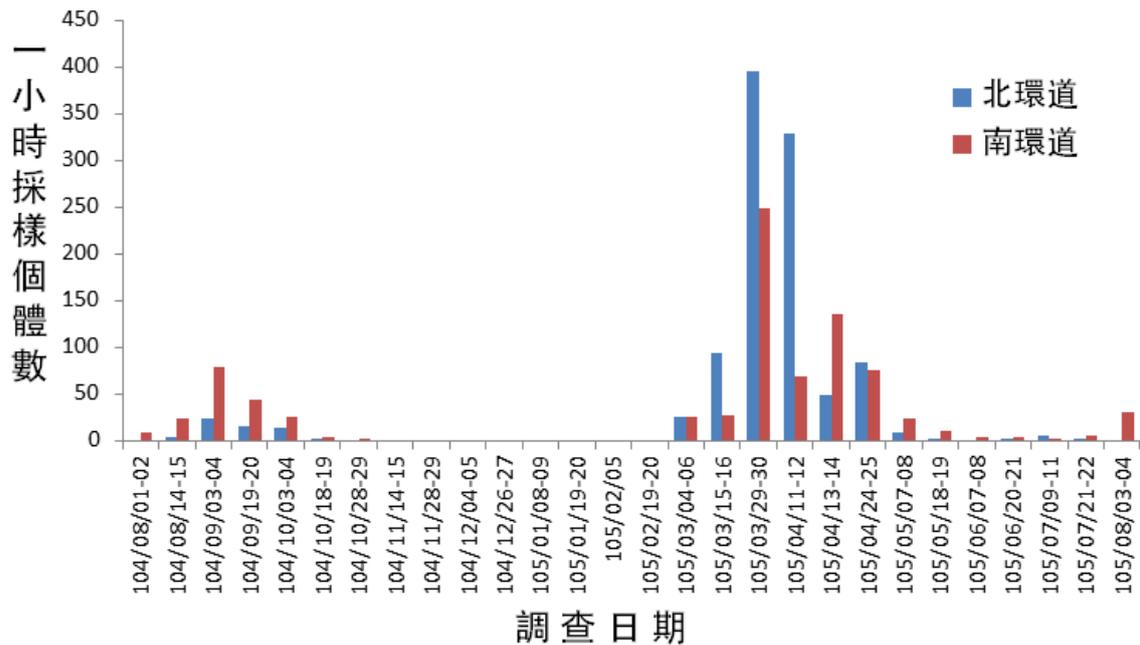


圖 3-12 : 2015/08~2016/08 大農大富平地森林園區南北環道之大陸窗螢 + 黑翅晦螢成蟲數量比較(資料來源：本調查資料)

雖然大陸窗螢在南環道的數量明顯高於北環道，黑翅晦螢則趨勢相反。但是 2016/03~04 由於黑翅晦螢數量遠高於大陸窗螢，因此北環道整體的螢火蟲數量在此一期間高於南環道者，一小時取樣甚至可達近 400 隻，在視覺上相當壯觀。也是平地造林區最適宜賞螢的季節。

### 3、各物種成蟲發生期

整理黃國靖等 ( 2011 ) 及本計畫各種調查方式所得結果，大農大富平地森林園區 7 種螢火蟲成蟲發生期概念如表 3-4 所示。大陸窗螢與黑翅晦螢的成蟲發生期已於前節討論；紅胸窗螢為春季日行性種類，發生於晚冬至早春；山窗螢由於只有零星觀察，推論發生期在 10~11 月；雲南扁螢僅在冬季時出現於陷阱樣本中；同樣只出現在陷阱樣本的雙色垂鬚螢，成蟲發生期與紅胸窗螢類似，皆於晚

冬至早春；大晦螢僅有黃國靖等(2011)的幼蟲記錄，因此只能根據鄰近地區(富源、池南)推測，可能為春季至夏季出現的種類。

表 3-4：大農大富平地森林園區螢火蟲成蟲發生期概念表

月 種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
紅胸窗螢※	—————											
大陸窗螢		—————										
黑翅晦螢		—————										
大晦螢		.....										
山窗螢										—————		
雲南扁螢	—											—
雙色垂鬚螢	—————											

※：為白天出現的種類

.....：僅發現幼蟲，成蟲發生期由鄰近地區相關文獻推論。

(資料來源：本調查資料與文獻整理)

### (三) 討論

#### 1. 大農大富平地森林園區的螢火蟲相特色

本計畫於 13 個月調查期間共發現 4 屬 6 種螢火蟲，種類數以平地海拔而言並不算多，但是具有幾個重要特徵，以下分別討論之。

## (1) 雌蟲為幼態型者之種類比例極高

目前記錄的 4 個屬 7 種中，有 3 個屬 5 個種皆具有幼態型(paedomorphic)雌蟲(窗螢屬 3 種、扁螢屬、垂鬚螢屬各 1 種)(何健鎔與朱建昇，2002；陳燦榮，2003)。由於雌蟲無法飛行，因此其族群的擴散主要依賴幼蟲活動範圍的擴張，善飛的雄成蟲只能促進關聯族群(metapopulation)間的基因交流。但是園區過去是單一甘蔗作物的環境，加上農藥的使用，對於無法快速遷移的物種相當不利，但何以園區內的螢火蟲種類以幼態型雌蟲者為主？

理論上有 4 個可能性(不互斥)，a.(卵或幼蟲)隨著造林樹苗的土壤移入；b.原本在蔗園殘存的族群在開始造林後逐漸恢復擴張；c.由鄰近的地區遷入；d.僅是雄蟲活動造成的假象(園區內並無該物種棲息，只是雄蟲活動路徑)。不同物種的情形可能不同，例如大陸窗螢為適應干擾地的物種(何健鎔，1997，1998)，調查中也經常可以發現許多幼蟲，可能在園區附近的芒草原環境甚至過去園區本身內就有族群存在，原地擴張(b)或鄰近地遷入(c)的可能性較高，而雄蟲活動假象(d)可以排除。至於雙色垂鬚螢、雲南扁螢、山窗螢、紅胸窗螢這類在園區數量不多、分布侷限、偏向森林性的物種的來源就比較難以推測。紅胸窗螢在調查過程中，在南、北環道都曾見過幼蟲，2015/08/02 還曾在北環道 2.8K 處發現約 10 餘隻幼蟲，因此雄蟲活動假象(d)的可能性可以排除；雲南扁螢在南、北環道也都有幼蟲，唯數量不多，但是也可排除 d 的可能性。其餘的山窗螢和雙色垂鬚螢目前仍未在當地見到幼蟲，因此無法排除任一可能性，但是原本就有(b)的可能性不高。未來必須依賴更精確的調查(以幼蟲和雌蟲為對象)以及分子譜系分析，甚至必須

有臺灣各地的分子序列資料庫來比較，才能獲得較明確的答案。

## (2) 大陸窗螢與共域種的罕見組合

如前所述，雙色垂鬚螢、雲南扁螢、山窗螢、紅胸窗螢皆為偏山地性的種類，而大陸窗螢則偏平原性。在臺灣其他地區，大陸窗螢與這些種類共域的情形並非沒有，但並不常見。何健鎔(2004b)便指出在臺南曾文水庫附近海拔 150 公尺的淺山區，三種窗螢有共域現象，但是共域帶窄；陳燦榮與鄭明倫(2011)在墾丁地區的調查則發現大陸窗螢僅出現於恆春鎮網紗一帶沒有其他螢火蟲的蔥田環境；在西拉雅國家風景區涵蓋的嘉南丘陵地區，僅在開發程度較大的大埔、新化以及鹿寮水庫等三處可發現大陸窗螢與山窗螢共域(陳燦榮與鄭明倫，2012)。而大陸窗螢與雙色垂鬚螢及雲南扁螢共域實屬罕見，不曾發現過，這種現象是否意味著雙色垂鬚螢、雲南扁螢及紅胸窗螢、山窗螢等，其實原本也適合平原環境，只是因為平原環境多已過度開發，至使其族群在多數平原中消失？至於園區內大陸窗螢與黑翅晦螢共域，獨立在下一節討論。

## (3) 黑翅晦螢與大陸窗螢共為優勢種

就過去團隊豐富的調查經驗，黑翅晦螢與大陸窗螢共為優勢種的例子並不多。雖然兩個物種的成蟲都傾向於較開放的空間(如草地與檳榔園)活動(何健鎔，1997，2004b；鄭明倫等，1999；何健鎔與朱建昇，2002；陳燦榮，2003)，但仍有相當差異。何健鎔(2004b)歸納全臺灣大陸窗螢會出現的環境為 11 類，當中如竹林、草地、檳榔園、闊葉樹林等也是黑翅晦螢常見的環境，但是如菜園、防風林、蔗田、公園、河岸沙洲等類型的棲地，則很少會有黑翅晦螢。此外後者

的海拔範圍較大，山區較容易見到(陳燦榮，2003)。

園區內雖然兩者皆為優勢種，但是大陸窗螢在南環道遠比北環道來得優勢(見圖 3-6)，黑翅晦螢則反之(圖 3-9)，顯示兩者在棲地上還是有所區別，但是具體的因子為何仍屬未知。黑翅晦螢在北環道的族群數量相當龐大，發生盛期時，一個小時的採樣量可超過 340 隻，跟臺灣其他著名賞螢地點比毫不遜色。

## 2. 花蓮與大農大富平地森林園區的黑翅晦螢

黑翅晦螢是臺灣西部低海拔地區最常見的春季螢火蟲，但並不見於墾丁地區(陳燦榮與鄭明倫，2011)，而在臺灣東部的分布則較為零星，遠不如西部普遍。花蓮地區過去紀錄的地點並不多，如花蓮市、南安、富源、馬太鞍、池南/鯉魚潭等地(見表 1-1)，而較北的太魯閣國家公園並無紀錄(鄭明倫等，1999)。

大場信義與楊平世(2003)報導其在 1996-1997 於臺灣北、中、東部地區幾個地點對黑翅晦螢發光行為所做的研究，當中包含花蓮市(美崙公園?)，但是因為資料僅有 2 隻雄蟲的數據，作者並未詳述或比較其與其他地點黑翅晦螢發光的異同。吳加雄(2010)研究臺灣全島的黑翅晦螢發光型式與分子親緣地理，曾取樣花蓮富源的族群納入分析，結果發現高雄縣納瑪夏鄉(今高雄市納瑪夏區)和臺南地區的黑翅晦螢在發光行為上與臺灣其他地區的族群不同，分子親緣地理上此一地區的個體聚合(clustered)為一群，而與臺灣其他地區的族群有所分化，花蓮的樣本並無特殊分化現象。

如前所述，黑翅晦螢在蔗田並不常見，因此平地森林的黑翅晦螢究竟是外來移入或蔗園殘存值得探討。若將來以分子序列比對，發現園區者與富源者極近似

或相同，則可能為庶園殘存的族群或由臨近地區遷入，若差異較大則可能是卵或幼蟲隨造林樹苗移入性較高。至於庶園殘存的族群或由臨近地區遷入的區分，可能要看園區內的個體間差異。若變異極低，則可能有經過瓶頸效應(bottle neck effect)，由小族群在短時間內擴張為大族群；若粒線體基因單倍型(haplotype)變異較多且與附近山區丘陵族群共有，則由鄰近地區遷入的可能性較高，以此也可驗證園區作為中央山脈與海岸山脈間生態廊道的功能。

### 3. 園區的螢火蟲相與富源、池南國家森林遊樂區的比較

根據往昔研究，富源與池南森林遊樂區目前各有 7 屬 12 種(何健鎔，2004)與 8 屬 17 種(吳加雄，2012；吳加雄等，2012)螢火蟲(請見表 1-1)，遠高於平地森林園區的 4 屬 7 種。其原因不難理解，因為平地森林 a.非山區無腹地；b.森林歷史短；c.長期人為干擾(單純植被、收割與噴藥)。由於富源森林遊樂區的調查並非全年系統性，依照當地的環境判斷，確實的多樣性應該高於此；池南森林遊樂區和平地森林園區的螢火蟲調查頻度較高且方式較多，多樣性再增加的幅度即使有也應該不大。

園區內的種類中，唯有大陸窗螢未見於其他兩個國家森林遊樂區區，蓋因後二者皆是比較偏向山區的環境；雲南扁螢、山窗螢、紅胸窗螢、大晦螢與黑翅晦螢為三個地區共通種類，雙色垂鬚螢目前在池南尚未有記錄，但在園區與富源國家森林遊樂區則都有記錄，唯平地森林目前既未發現幼蟲或雌蟲，尚無法斷定當地是雙色垂鬚螢棲地。

#### 4. 環境因子與螢火蟲數量波動間關聯性的考量

由於本計畫以實用的賞螢活動為導向，調查上以成蟲為主，對幼蟲僅有逢機遭遇時的目擊紀錄。針對成蟲的調查時，記錄的環境因子只能用於分析當夜影響成蟲活動的可能因素，但是除了當夜環境因素，每次觀查到的成蟲數量波動還受到成蟲壽命、族群遺傳、季節性、甚至數月前環境因子的綜合影響，這些因素的個別與整體影響程度幾屬未知，亦非當時環境因子所能反映。

若要研究環境因子對族群的影響，顯然必須針對幼蟲作系統性的調查，甚至採用對照實驗，才能獲致比較明確的相關性結果。例如吳婉君與彭仁君(2007)比較屏東 4 個樣區的环境因子與大陸窗螢族群間的關係，發現幼蟲數量的變動與棲地的氣溫、土壤含水量和食餌密度之季節動態趨於一致，但研究中也發現雄成蟲會出現在比較乾燥的環境，當地卻無幼蟲棲息。劉佳育(2015)研究台中平地林場的黑翅晦螢族群與棲地割草與否間的關聯性，主成分分析指出影響割草地的環境因素主要為溫度、濕度與降水量，非割草地則是溫度、濕度和食餌數量。但是環境中幼蟲之有無與植被覆蓋度與食餌密度有關，而與溫溼度無直接關係，但是幼蟲數量卻與溫溼度呈正相關。雌蟲亦偏好無割草環境。

但即使是針對幼蟲調查，仍有許多基本難題。例如一年一化的物種(如黑翅晦螢，何健鎔等，2014)，雌蟲春、夏季產卵期結束後，區域內的幼蟲數量只會開始逐漸減少而不會增加，因此調查時出現的上下波動，若無人為偏差(例如發現大小幼蟲的難易度)，則反映的是幼蟲活動的變動而非族群波動。而成蟲發生期不集中的物種(如大陸窗螢)，一年中會不斷有成蟲產下新的幼蟲加入族群，因此

調查時的幼蟲數量波動，意義上較接近族群量的波動，但卻超出單純環境因子分析所能判讀，還必須知道蟲口結構(demographic structure)(例如若於歷次調查結果分析發現幼蟲數量與食餌數量呈正相關，但前者未必是受到後者影響，還可能混雜時間因素)。

環境因子對物種族群動態或生長的延遲效應(time-lagged effect)在近 20 年來有比較多的研究，往往需要多年期的研究才能見到此一關聯性。例如 McIntyre (2000)研究 1994-1997 的 3 年間北美某類擬步行蟲(*Elodes* spp.)棲群與環境因子間的關係，發現棲群密度高低與溫度和降水量有關，但這些非生物因素卻有一個月與一年的延遲效應。Price and Hunter (2005)根據 22 年歐洲某種造癭鋸蜂(*Euura lasiolepis* Smith)的累積數據發展最適模擬模式，發現 10 月到次年 5 月的降水量以及一年的延遲效應最能解釋的長期族群變動狀態，且這代的存活會影響到下一代的蟲癭密度(延遲性密度依賴因素，delayed density dependence)。他們主張結合演化發育限制(evolutionary Phylogenetic Constraints)假說和機制的研究遠較單純的生態研究具有更高的可適用性。Bonal et al. (2015)研究地中海某種象鼻蟲(*Curculio elephas* Gyllenhaal)的性比與環境因子間的關聯性，發現不僅雨量和溫度的高低多寡，其時機也是重要的影響因素。Bonsall et al. (2015)研究印尼的兩種瓢蟲多年的數量變動，發現這些種類的密度依賴以及所經歷的環境因子(cohort)最能解釋其各自族群的蟲口變動。除了動物外，環境影響植物生長出現延遲效應的研究也相當多，例如 Pearse et al. (2015)發現橡樹於前一年受到的葉片損害程度會影響到次年的毬果產量。由於植

物的生長與繁殖也會影響到依存的動物，因此構成更為複雜的關係。Faccoli (2009)研究歐洲雲杉小蠹蟲(*Ips typographus*)對寄主雲杉的危害，發現前一年3~7月的降水量與隔年小蠹蟲的危害呈負相關，但與溫度無關；春季的溫度上升與春季第一子代的發育無關，但卻會促成越冬和春季第一子代成蟲提早聚集交配，使得第二代提早開始，不僅有足夠時間完成世代，甚至去繁殖在發育上原本受夏季光週期限制的第三子代。

以螢火蟲來看，非生物因子即時性或延遲性地影響植物生長，間接影響到幼蟲食餌如蝸牛的數量，再影響到螢火蟲幼蟲存活率，幼蟲經歷的環境又可能影響到其成蟲期的交尾成功率與產卵量(生活史延遲效應 *delayed life-history effects*，見 Beckermann et al., 2002)，非生物因素也可能直接影響成蟲的交尾與產卵。

此外，2015~2016/05 出現強烈的聖嬰現象(El Niño)，世界氣象組織(WMO)並推測將於 2016 第三季出現反聖嬰現象引發的聖嬰南方震盪(El Niño–Southern Oscillation)(WMO, 2016/07/28)。根據本團隊成員於 2016 年前往東南亞國家探查螢火蟲時的觀察，當地(婆羅洲與菲律賓南部民答那峨)的居民皆提到 2015~2016 濕季的降水非常少，甚至有些河流斷流。但是位置較北的臺灣，氣候卻完全不同，春季時雨量充沛，使得往年各水庫夏季供水吃緊的現象不復。而 2015~2016 年晚冬的巨寒和初春的大量降雨，也可能都影響到今年春季的螢火蟲成蟲期和數量。彙整年初新聞、網路訊息、親身觀察等資訊，2016 春季黑翅晦螢的發生期普遍約推遲一到數個禮拜，但是數量似乎都較往年多得多。可惜這

些“似乎”都是根據經驗或是口耳相傳，沒有系統化的調查數據可支持，也沒有往年的數據可比較，因此也無從得知聖嬰或反聖嬰現象或是局部特殊氣候對螢火蟲的影響。Harrison (2001)發現 1998 年聖嬰現象導致的乾旱對婆羅洲的森林產生相當大的影響，不僅改變植物物候，也影響到各種類型植物的存活和繁殖，因而可能導致林相的改變。Jaksic (2001)也發現，不同動物對聖嬰現象導致的氣候改變反應不同，例如小型啮齒類在聖嬰開始數個月內便大量增加，但是大型啮齒類則花了約一年時間增加，捕食者的數量相對於他們的哺乳類獵物出現有一年的延遲效應，而草本植物也能在短時間內大量發生成長，灌叢則較不明顯；Knappe and Valpine (2011)根據大數據庫的模擬預測研究指出，全球性的氣候現象用於預測包含昆蟲在內的族群預測時，未必比根據當地氣候所做出的預測來得準確。

若欲了解非生物因子，特別是氣候因子的影響，未來需要累積多年監測數據才有辦法去分析了解。很可惜園區過去沒有定量的螢火蟲調查，可用來比較了解螢火蟲的族群動態和物候，但是 2016 的調查結果恰為聖嬰現象下臺灣氣候改變的螢火蟲反應，將可做為未來長期監測時的比較對象。

## 5. 蔗田歷史的生態影響與平地造林的功能

製糖在臺灣有相當久遠的歷史，而日治時期鼓勵的新式製糖則開啟大規模種植甘蔗的，除供應日本本土，也外銷世界市場，是當時臺灣最重要的出口產品(吳聰敏與葉彥珣，2011；莊天賜，2011)。但是甘蔗大面積單一經濟作物的栽植和製糖過程也給環境帶來許多衝擊，例如水資源的消耗和汙染、土壤生物多樣性的降低、河岸、森林或溼地的開發、專門蟲害的爆發、大規模焚燒產生溫室氣體等

等(Cheesman, 2004)。Savario and Hoy (2011)也發現蔗田的菌相較無甘蔗耕作歷史的土壤單純。由於甘蔗是熱帶作物，多數熱帶地區國家普遍科技經濟不發達，但是生物多樣性卻較高，因此甘蔗的種植雖然在經濟上對其有重要貢獻，但對於生物多樣性的衝擊也更大。降低衝擊的方法主要為改進種植與製糖過程，例如改為較小面積的種植、利用製糖廢物發電、回收廢水的再淨化利用等等。花蓮糖廠在 1990 年代已經增添環保設備，成為當時全臺灣設備最完備的糖廠，雖無正式檢測資料，應對環境的衝擊有所降低。

蔗田對螢火蟲的影響或關聯的研究並不多。在臺灣已知大陸窗螢能棲息於蔗田(何健鎔，2004)。在日本沖繩縣的久米島上棲息著當地特有的溪流型水棲螢火蟲：久米螢(クメジマボタル，*Luciola owadai* Satô and Kimura)，1994 年才被發表，不久便被指定為沖繩縣天然紀念物(大場信義等，1994；大場信義，1996)。但近十多年來主要棲地白瀨川上游因為蔗田與牧地開發，大雨逕流沖刷大量紅土流入溪中導致棲地劣化，嚴重影響久米螢的族群(佐藤文保，2006)。

大農大富平地造林園區由種植近百年的蔗田改變而來，在定義上屬於無林地造林或荒山造林(afforestation)，乃針對過去 50 年或以上沒有森林覆蓋的地區造林，與跡地造林(或稱林地復育，reforestation)是針對失去森林不超過 50 年的土地之再造林不同。無林地造林目前多半盛行於溫帶地區之已開發國家，由於這些國家的農牧和森林產業都相當發達，因此無林地造林往往是以邊緣地帶的荒地或農地為造林基地。雖然理論上能促進生物多樣性與自然環境條件(例如減少沖刷或土壤貧脊程度等)，但是這些邊緣環境也往往是獨特的生態系，具有棲息著一些具

有特殊適應性的生物，因此在實施無林地造林需要注意；至於熱帶及亞熱帶地區，原本的生境環境就具有高度生物多樣性，因此不論是無林地造林或跡地造林，其效益都遠比不上減少砍伐森林(deforestation)來得重要(Bredemeier and Dohrenbusch, 2009)。Bremer and Farley (2010)根據眾多研究分析造林(廣義)對生物多樣性的影響，發現若是將原本的天然生態系環境(如森林、草原、灌叢等)改變為人造森，所能促進的生物多樣性有限，甚至有害，最佳的造林基地選擇是環經已經劣化(degraded)的土地，而且使用當地原生的植物種類而非外來種。

地處亞熱帶的臺灣利用休耕的蔗田轉型為森林的舉措，以全球的角度來看算是相當特殊，其部分的生態系服務(ecological service)功能已獲肯定，例如謝漢欽等(2011)利用衛星遙測影像推估大農大富平地造林區之光臘樹林碳吸存潛能，估計可吸存相當於  $1,357.23 \pm 163.20$  噸的二氧化碳；Lin and Lin (2013)評估水稻田/甘蔗田與轉型之後的無林地造林地的碳吸存潛能，發現蔗田的碳吸存量不高，因為收割後與製糖的殘餘皆用於製造酒精，轉為森林後的碳吸存能力與儲存量皆顯著提升；林映儒等(2011)以全臺六萬公頃平地造林量計算其碳吸存潛能，推估可抵銷全台 7 年農業、林業與漁業部門經化石燃料燃燒所釋放的二氧化碳量。至於平地造林對生物多樣性所能提供的服務，提供野生動植物棲地殆無疑問(如李明仁等，2008；許富雄，2009，2010；黃國靖等，2011；葛兆年等，2014)。黃國靖等(2011)發現大農大富平地森林尚處於由蔗田轉變為森林動物相的初步階段，例如雖然調查中發現 13 種蛙類，但卻缺乏需要穩定環境(溪流、水域、樹冠)的蛙類棲群，蜥蜴中草地型的種類數量甚高，而鳥類中許多常見的森林

性鳥類也尚無記錄；葛兆年等(2014)比較海岸山脈、大農大富平地森林與附近林地的鳥類相，也發現目前的平地森林尚未能恢復闊葉林的鳥類群聚與多樣性。

本計畫調查所得的螢火蟲種類有 4 屬 7 種，以低海拔天然森林環境來說尚屬偏低，優勢的黑翅晦螢與大陸窗螢雖然屬偏好開闊地的種類，但是其他的 4~5 種則明顯是偏森林性的物種，與兩爬或鳥類的趨勢不甚相同。兩爬與鳥類隨林木意外移入的可能性極低，但對螢火蟲則未能排除(見討論第 1~3 點)。未來若欲持續螢火蟲之調查，應以長期監測與追蹤來源為兩個重點項目。前者可了解一個新生森林環境中螢火蟲相的演替，後者可驗證大農大富平地森林是否具有聯絡中央山脈與海岸山脈的生態廊道功能。

#### (四) 參考文獻

- 大場信義。1996。種の保存法に基づく緊急指定種のクメジマボタルとイリオモテボタルの調査概要。横須賀市博館報(自然) 43 : 6。
- 大場信義、楊平世。2003。台湾ンボタル*Luciola cerata* Olivierのパターンとコミュニケーション・システム。横須賀市博研報(自然) 50 : 1-12。
- 大場信義、東清二、西山桂一、後藤好正、鈴木浩人、佐藤安志、川島逸郎。1994。クメジマボタルの形態・生活史および習性。横須賀市博研報(自然) 42 : 13-26。
- 佐藤文保。2006。クメジマボタルと島の小さなホタルたち。久米島のホタルの里/久米島ホタル館。沖縄縣島尻郡久米島町・日本。
- 李明仁、何坤益、黃啟鐘。2008。平地造林林分健康性評估及生態多樣性調查—以嘉義南靖糖廠為例計畫期末報告。林務局委託研究計畫97-00-5-15・農委會林務局・臺北市。
- 何健鎔。1997。黑暗中的小燈籠—螢火蟲。農委會特有生物保育中心・南投縣集集鎮。
- 何健鎔。1998。西螺地區台灣窗螢大發生。自然保育季刊 24: 48-53。
- 何健鎔。2004a。「火金姑來照路」生態之旅活動與螢火蟲解說教育訓練計畫。S農委會林務局花蓮林區管理處・花蓮縣花蓮市。
- 何健鎔。2004b。台灣窗螢之發生變動、分布與棲地特性。台灣昆蟲 24 : 117-128。
- 何健鎔、朱建昇。2002。臺灣賞螢地圖。晨星出版有限公司・臺中市。
- 何健鎔、方華德、楊平世。2014。黑翅螢幼蟲的飼育裝置(鞘翅目：螢科)。台灣昆蟲 33 : 281-290。
- 林映儒、鄭智馨、曾聰堯。2011。台灣平地造林之碳吸存潛能：以長期果園廢耕地與造林地為例。中華林學季刊 44 : 567-588。
- 吳加雄。2010。黑翅螢之生物學與保育研究。國立臺灣大學昆蟲學系博士論文・臺北市。
- 吳加雄。2012。池南國家森林遊樂區螢火蟲資源調查計畫。農委會林務局花蓮林區管理處・花蓮縣花蓮市。
- 吳加雄、何健鎔、鄭明倫、楊平世。2012。池南國家森林遊樂區螢火蟲資源調查

- 及其資源利用。台灣昆蟲 32：249–269。
- 吳婉君、彭仁君。2007。臺灣窗螢(鞘翅目：螢科)棲地環境因子與族群變動。台灣昆蟲 27：31–45。
- 吳聰敏、葉彥珣。2011。台灣糖業帝國的沒落：從甘蔗原料收購制度的角度觀察。國立臺灣大學經濟系。
- 邱俊豪。2010。紋胸黑翅螢(*Luciola filiformis* Olivier)與黑翅螢(*Abscondita cerata* Olivier)(Coleoptera：Lampyridae)的同步發光行為。國立臺南大學環境生態與技術學系碩士論文，臺南市。
- 花蓮縣棲地保育學會。2015。104 年大農大富平地森林園區螢火蟲資源調查計畫報告。農委會林務局花蓮林區管理處，花蓮縣花蓮市。
- 許富雄。2009。鰲鼓之溼地暨平地造林區的鳥類組成與棲地關係(I)。林務局委託研究計畫系列 98-林發-6.2-保-04。農委會林務局，臺北市。
- 許富雄。2010。鰲鼓之溼地暨平地造林區的鳥類組成與棲地關係(II)。林務局委託研究計畫系列 99-林發 08.2-保-4。農委會林務局，臺北市。
- 莊天賜。2011。臨時臺灣糖務局與台灣新製糖業之發展(1902-1911)。國立臺灣師範大學歷史學系博士論文，臺北市
- 陳燦榮。2003。臺灣螢火蟲。田野影像出版社，臺北市。
- 陳燦榮、鄭明倫。2009。墾丁國家公園螢火蟲資源調查及應用。墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 陳燦榮、鄭明倫。2010。墾丁國家公園螢火蟲資源調查與應用(II) –社頂及滿州部落生態旅遊推動。墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 陳燦榮、鄭明倫。2011。墾丁國家公園螢火蟲資源調查及應用—民國 100 年補充調查計畫。墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 陳燦榮、鄭明倫。2012。西拉雅國家風景區螢火蟲資源調查及應用案。交通部觀光局西拉雅國家風景區管理處，臺南市。
- 張志遠。2013。新北市烏來地區桶后林道螢火蟲多樣性與季節變化。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士論文，臺北市。
- 黃國靖、楊懿如、許育誠、吳海音。2011。花蓮縣平地造林區森林性動物監測計畫。農委會林務局花蓮林區管理處，花蓮縣花蓮市。
- 劉佳育。2015。人工鋤草對黑翅窗螢微棲地環境與族群的影響。國立中興大學生命科學系碩士論文，臺中市。

- 葛兆年、陳一銘、莊鈴木、邱志明。2014。農地造林對鳥類群聚集其多樣性之影響。台灣生物多樣性研究 16 : 225–239。
- 鄭明倫、賴郁雯、楊平世。1999。臺灣六座國家公園螢火蟲相概要。中華昆蟲 19: 65–92。
- 鄭明倫、陳燦榮、邱俊博、黃文博。2014。墾丁國家公園與西拉雅國家風景區紋胸黑翅螢(鞘翅目:螢科)成蟲發生期與雄蟲發光行為。台灣昆蟲 34:33–47。
- 謝漢欽、汪大雄、王慈憶、張鈞媛、邱志明。2011。應用福衛二號影像與地面樣區資料於光蠟樹平地造林地之碳吸存推估。航測及遙測學刊 16 : 79–99。
- Beckerman A., Bentona TG, Rantab E, Kaitalac V and Lundberg P. 2002. Population dynamic consequences of delayed life-history effects. Trends in Ecology and Evolution 17:263–269.
- Bonal R, Hernández M, Espelta JM, Muñoz A and Aparicio, JM. 2015. Unexpected consequences of a drier world: evidence that delay in late summer rains biases the population sex ratio of an insect, Royal Society Open Science 2(9):150198. doi: 10.1098/rsos.150198
- Bonsall MB, Hasan N and Nakamura N. 2006. Density dependence and noise determine the long-term dynamics of two species of lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae: Epilachninae) in the Indonesian tropics. Ecological Entomology 32: 28–37.
- Bredemeier M and Dohrenbusch A. 2009. Afforestation and reforestation. Pp. 219–238, In : Barthlott W, Linsenmair KE and Porembski S. (eds.) Biodiversity : Structure and Function - Volume II. Eolss Publishers, Oxford, U.K.
- Bremer LL and Farley KA. 2010. Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. Biodiversity and Conservation 19(14): 3893–3915.
- Cheesman OD. 2004. Environmental impacts of sugar production: the cultivation and processing of sugarcane and sugar beet. CAD eBooks. doi: 10.1079/9780851999814.0000
- Faccoli M. 2009. Effect of weather on *Ips typographus* (Coleoptera

- Curculionidae): phenology, voltinism, and associated spruce mortality in the southeastern Alps. *Annals of the Entomological Society of America* 38: 307–316.
- Harrison RD. 2001. Drought and the consequences of El Niño in Borneo: a case study of figs. *Population Ecology* 43: 63–75.
- Hunter PW and Price MD. 2005. Long-term population dynamics of a sawfly show strong bottom-up effects. *Journal and Animal Ecology* doi: 10.1111/j.1365-2656.2005.00989.x
- Jaksic FM. 2001. Ecological effects of El Niño in terrestrial ecosystems of western South America. *Ecography* 24: 241–250.
- Knape J. and de Valpine P. 2011. Effects of weather and climate on the dynamics of animal population time series. *Proceedings of the Royal Society (B)* 278(1708): 985–992.
- Lin CS and Lin CH. 2013. Comparison of carbon sequestration potential in agricultural and afforestation farming systems. *Scientia Agricola* 70: 93–101.
- McIntyre NE. 2000. Community structure of *Eleodes* beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) in the shortgrass steppe: scale-dependent uses of heterogeneity. *Western North American Naturalists* 60: 1–15.
- Pearse IS, Funk KA, Kraft TS and Koenig WD. 2015. Lagged effects of early-season herbivores on valley oak fecundity. *Oecologia* 178: 361–368.
- Savario CF and Hoy JW. 2011. Microbial communities in sugarcane field soils with and without a sugarcane cropping history. *Plant and Soil* 341: 63–73.
- World Meteorological Organization (WMO). El Niño/La Niña Update. 2016/07/28. 取自  
[http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/enso\\_update\\_latest.html](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/enso_update_latest.html)

## 二、辦理志工及管理處相關人員參與調查、解說培訓

本計畫培訓對象主要為花蓮林區管理處平森社區志工、國家森林志工以及管理處相關人員，培訓方式採室內講解研習及戶外實地調查操作等方式進行。已於2016/02/21~22(星期日、一)及03/05~06(星期六、日)兩梯次舉辦培訓課程。課程分兩階段四天進行(圖3-13)，第一階段(2日)為初階課程，初階課程主要對象為園區附近之社區居民、相關志工與團體，課程內容設計為介紹大農大富園區的由來，螢火蟲生態基本知識以及幼蟲、成蟲觀察。第二階段(2日)為進階課程，對象除上列居民與團體外，亦包括國家森林解說志工，課程內容設計為較深度之夜間發光物種判定、野外調查方式操作、解說技巧注意事項及演練。培訓課表如附件五。



圖 3-13：志工培訓課程上課情形(照片來源：本計畫資料)

### 三、提供大農大富平地森林園區螢火蟲棲地經營管理之建議，並提出合理利用螢火蟲資源種類及方式，以利生態旅遊操作

#### (一) 螢火蟲棲地經營管理建議：

生態旅遊的精神在於它是一個有環境責任感的旅遊，其目標乃在創造地方與自然環境共存共榮的機會，因此在進行生態旅遊時，必需將保護自然環境以利永續經營的概念列入規劃。針對平地森林園區之賞螢活動經營管理，有三方面的建議：1、棲息環境的維護；2、賞螢秩序的維護；3、環境教育的訊息傳達。

#### 1. 棲息環境的維護：

##### (1) 除草工作對螢火蟲棲群的影響：

本計畫調查期間，發現園區內經常有除草行為(圖3-14)，經瞭解除草作業為例行工作，工作人員不僅將路旁野草割除，並深入造林地內以肩背式割草機割除地被雜草，本計畫所設置的12座FIT陷阱，於今年3月之前均經歷過工作人員割草的干擾。

然而經與當地的居民交談發現，普遍都認為螢火蟲有越來越多的趨勢。而且本計畫之夜間定量採集中，黑翅晦螢最高曾達到一小時340隻的數量，比對西拉雅國家風景區之螢火蟲調查案(陳燦榮與鄭明倫,2012)，同樣的採集方式，崁頭山最多一小時補獲159隻、梅嶺為291隻、九龍山為210隻、大凍山則為305隻，除大凍山外，前三處均為當地重要賞螢地點，螢火蟲數量已屬壯觀。然而園區在有深入造林地割草及踐踏行為的下，最多時的數量仍能比以上各處還多很多，算是

相當驚人。依此初步判斷，園區之割草行為並未明顯影響當地螢火蟲的繁衍。雖然如此，當地的除草行為仍應避開2月黑翅晦螢幼蟲化蛹以及3至4月成蟲出現的時段。



圖 3-14：園區內經常有割草作業(照片來源：本調查資料)

## (2) 避免路燈的架設或改善設計：

夜行性螢火蟲成蟲是依賴彼此所發出光點來尋找配偶，因此過強的人工光源會對螢火蟲族群有嚴重干擾。由於園區內沒有住家，道路無架設路燈之必要。有架設路燈需求的場所如服務中心、停車場周邊，建議於燈具外圍加裝遮光罩(如圖 3-15)，侷限照射範圍以減低對螢火蟲及夜間賞螢之干擾。

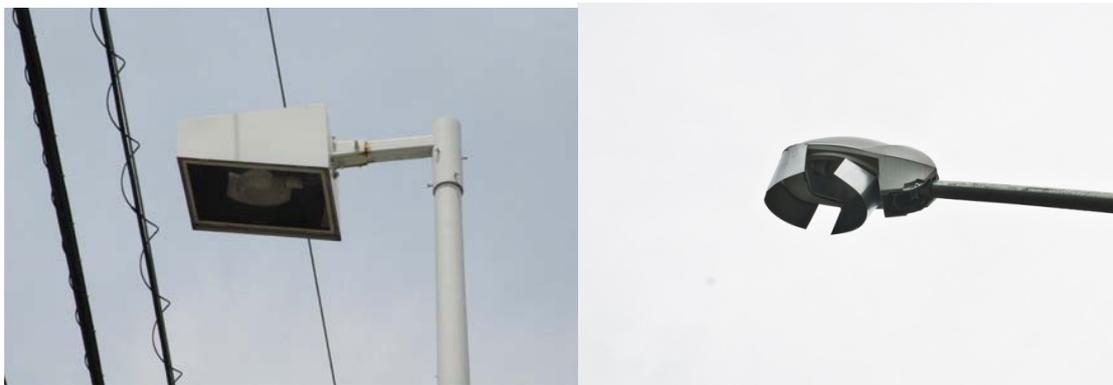


圖 3-15：全罩式(左)與半罩式路燈(右) (照片來源：本調查資料)

### (3) 應區分為「遊客賞螢區」與「螢火蟲棲息保護區」：

一般我們於夜間看到四處漫飛的螢火蟲個體幾乎為雄蟲，大部份螢火蟲的雌蟲不擅飛行，多停棲於地被植物上，雌蟲若為幼態型的種類更是完全沒有飛行能力。為避免賞螢期間因大量遊客湧入，在不明情況下踩踏草叢或落葉堆，導致躲藏其中的雌蟲或幼蟲傷亡，有必要將遊客限制於選定範圍內。然而平地森林園區寬廣、場域開放，以建構木棧道方式來區隔賞螢者與螢火蟲棲地將所費不貲，建議直接利用道路白色邊線做為界線，設定白色邊線內為「遊客賞螢區」(圖3-16)，夜間即使沒有人工光源輔助，白線仍能肉眼可見(圖3-17)，具有極佳的導引效果。



圖 3-16：道路兩旁白色邊線內設定為「遊客賞螢區」(照片來源：本調查資料)



**圖 3-17：道路白色邊線即使在夜間仍能以肉眼察覺(照片來源：本調查資料)**

由於園區全域道路均為路寬5公尺以上之柏油路面，較不易躲藏蛇類、蜈蚣等動物，因此在「遊客賞螢區」內行進、駐足賞螢或聆聽解說都相當安全，唯部分路段鄰近溝渠，超出白線即可能跌落水溝，活動時須提醒遊客注意安全。白色邊線以外的草叢植被區域設定為螢火蟲棲息保護區，向遊客宣導為了自己也為了螢火蟲好，請勿進入。如此可大幅降低賞螢活動的干擾，讓螢火蟲的在原棲息地永續繁衍。

## **2. 賞螢秩序的維護：**

維護賞螢秩序的目的在於維護賞螢安全及賞螢品質。以賞螢安全來說，要考慮與注意的事項包含：夜間賞螢動線安全、人車如何分道、大小型車輛出入之動線及停車場設置。賞螢品質則要考慮：如何減少賞螢人潮彼此的干擾、如何管制人工光源如手電筒及車燈的干擾等。因此，建議於賞螢時以專區規劃，規定車

輛使用替代道路，將賞螢活動人車分道，以維護品質與安全。

### 3. 環境教育的訊息傳達：

保護自然環境其實有賴廣大民眾的瞭解與認同，所有生態旅遊的焦點，例如賞鳥、護蟹、賞鯨、賞魚、賞蛙、賞蝶、賞螢、賞櫻等，甚至地質觀察，都應利用機會傳達環境保護的重要性。故建議於園區內廣泛設置解說看板(圖 3-18)，不僅提供平常遊客自導式生態旅遊資訊，也可藉機灌輸遊客環境保育的知識。

賞螢活動時也應設置解說站，解說站內附掛解說牌，由專業解說員依據解說站內附掛的解說牌發揮自己的專業及解說技巧，利用帶領遊客賞螢的機會，除了提供關於螢火蟲之生態特性的知識外，更可加入人與自然環境關係的訊息。唯解說牌之設計應加入創意與美學因子，並可考慮加入 QR code 做資訊鏈結，且設置之地點應考量動線與民眾活動習慣。



圖 3-18：設置解說看板提供民眾自行導覽(照片來源：本調查資料)

## (二) 合理利用螢火蟲資源與方式建議：

由本計畫調查發現，園區內 3~10 月間都可以發現夜行性螢火蟲，但以春季 3~4 月及秋季 8~10 月較為集中，例如 2016/03/30 於北環道 1K 處 1 小時可以採到 340 隻黑翅晦螢(見圖 3-11)，加入大陸窗螢樣本之後更接近 400 隻，在視覺上相當壯觀，且有不同的生態習性與發光型式可供賞螢解說。因此認為園區於 3 月中旬~4 月中旬期間在北環道 1K 處舉辦賞螢活動應是理想的時間及地點。而 8 月中旬~10 月初南環道 4K 處大陸窗螢也有頗多的數量(見圖 3-6 與 3-7)，或可成為後續在規劃秋季賞螢時的重點。

### 1. 賞螢區規劃：

在此以 3 至 4 月出現的黑翅晦螢為目標，規劃賞螢活動建議：

- (1) 建議規劃北環道 1K 至服務中心之間範圍為主要賞螢區，為考量賞螢時的安全，建議於北環道入口處及北環道接近 2K 處設置路柵(圖 3-19)，所有車輛應要求依指示改走替代道路。
- (2) 於服務中心設置解說站及急救站。解說站除應有志工排班引導解說外，建議也設置解說牌，以為解說員運用。

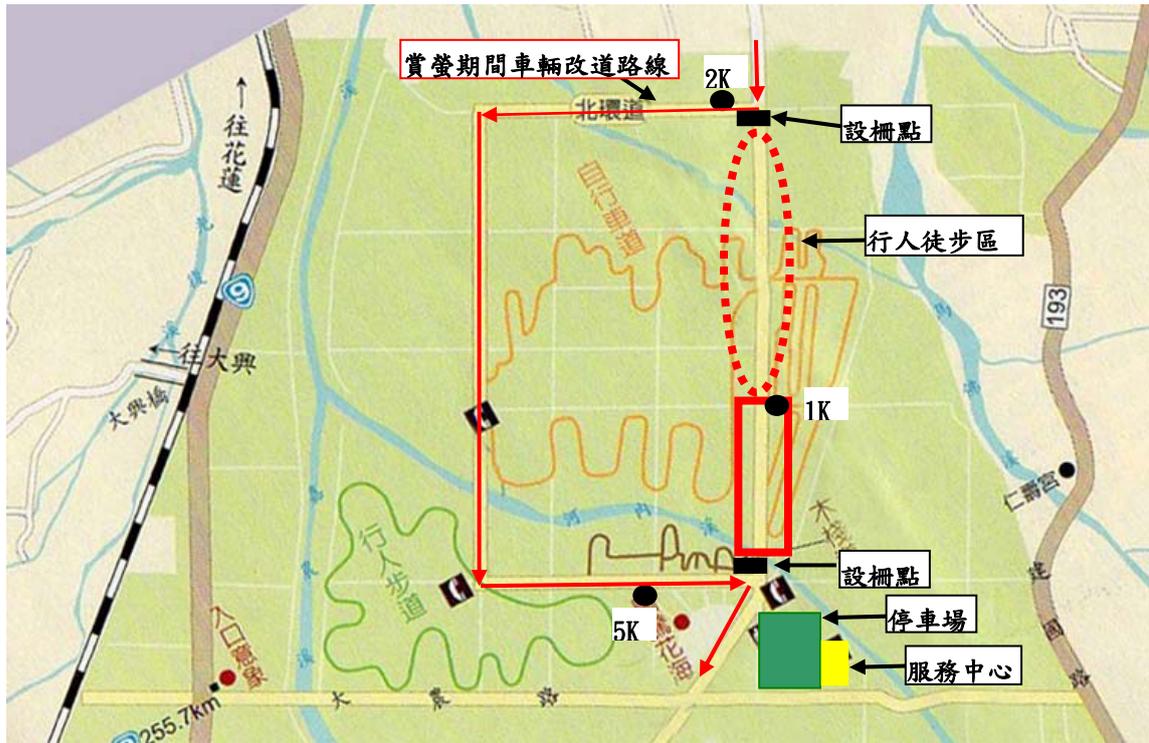


圖 3-19：針對春季賞螢於北環道 1K 處之賞螢區規劃

## 2. 外圍交通規劃：

賞螢活動期間，所有車輛一律由台 9 線 255.7 公里處（園區入口意象）大農路進出園區。經測量大農路寬 6.7 公尺以上，符合內政部營建署公告市區道路及附屬工程設計標準第十一條市區道路車道寬度規定：公車專用道寬度，不得小於三點二五公尺。故大型車輛亦可雙相會車。

## 3. 停車規劃：

入園之賞螢車輛一律引導至服務中心前停車場。遊客中心前停車場現已規劃有 250 格小車位及 3 格大車位(圖 3-20)，若多數提供大型車使用，至少可停 50 輛遊覽車及 22 輛小型車。



圖 3-20：遊客中心前已劃有停車格（圖片來源：Google 地球）

#### 4. 行人徒步區設置：

由服務中心至北環 1K 處，步行來回約 30 分鐘，為理想賞螢時間，建議解說員帶領至 1K 處即可返回。但為因應部份遊客仍希望自行駐留賞螢之需求，1K 以後至柵欄處可規劃為行人徒步區。

## 四、賞螢手冊之撰寫與印製

本團隊已依據契約書要求完成賞螢手冊印製。手冊內容製作初期，本學會曾於 2015/10/19 及 2016/01/08 分別以初稿及樣冊與管理處討論內容綱要，並於期中報告中將樣稿提供審閱。手冊共分「關於大農大富平地森林」、「來！來看螢火蟲」、「如何拍攝漫天飛舞的螢火蟲」、「我們一起來保護螢火蟲」及「賞螢祕笈」及「花蓮林區管理處轄內森林遊樂園區螢火蟲圖鑑」六大單元。本手冊已於 2016/02/28 印製完畢送交花蓮林管處點驗。

## 五、解說專書之撰寫與印製

本團隊將依據契約書要求完成解說專書撰寫與印製，於 2016/07 與林管處討論專書內容及版樣，並於期末報告時，附上專書內容以及版面樣供審查委員與管理處討論與審閱。

專書名稱為「熠熠洄瀾」，內容有「森林物語」、「認識螢火蟲」、「螢火蟲的一生」、「保育螢火蟲」、「如何規劃一場理想的賞螢活動」及「花蓮林管處所轄之國家森林遊樂(園)區螢火蟲圖鑑」等六大單元，除了介紹花蓮林管處所轄遊樂(園)區螢火蟲資源外，亦介紹螢火蟲的生態習性，另外也強調螢火蟲保育的重要性以及舉辦賞螢活動應注意事項。圖說及標題加列英文以利外國讀者閱讀。已於 12/2 依契約規格印製交付。

# 肆、附 錄

## 附錄一、平地森林園區螢火蟲夜間穿越線定量調查紀錄

2015 年 8/1~2016/8/4 大農大富平地森林螢火蟲各穿越線調查紀錄

調查日期	穿越線	溫度 (°C)	濕度 (%)	光照度 (LUX)	日落時間	第一隻出現時間	種類及數量	備註
8/1	南一	28.1	73.2	0	18:37	20:01	大陸窗螢 x2	
8/1	南二	28.1	73.2	0	18:37	19:55	大陸窗螢 x6	
8/2	北一	28	73.7	-	18:36	-	0	
8/2	北二	28	73.7	-	18:36	-	0	
8/14	北一	25.9	94	0	18:28	20:17	大陸窗螢 x2	
8/14	北二	25.9	94	0	18:28	20:48	大陸窗螢 x1	
8/15	南一	26.3	86.7	0	18:27	19:51	大陸窗螢 x2	
8/15	南二	26.3	86.7	0	18:27	20:17	大陸窗螢 x22	
9/3	南一	26.4	80.1	0.15	18:10	18:52	大陸窗螢 x21	
9/3	南二	26.4	80.1	0.15	18:10	18:41	大陸窗螢 x57	
9/4	北一	26.6	82.9	0.04	18:09	18:40	大陸窗螢 x13	
9/4	北二	26.6	82.9	0.04	18:09	18:40	大陸窗螢 x11	
9/19	南一	25.2	74	0.15	17:54	18:35	大陸窗螢 x19	
9/19	南二	25.2	74	0.15	17:54	18:28	大陸窗螢 x25	
9/20	北一	27.5	70.2	0.02	17:53	18:30	大陸窗螢 x10	
9/20	北二	27.5	70.2	0.02	17:53	18:38	大陸窗螢 x6	
10/3	北一	27.3	83.5	0	17:39	18:50	大陸窗螢 x6	
10/3	北二	27.3	83.5	0	17:39	18:58	大陸窗螢 x7	
10/4	南一	27.6	75	0.02	17:38	18:26	大陸窗螢 x11	
10/4	南二	27.6	75	0.02	17:38	18:22	大陸窗螢 x14	
10/18	北一	23.4	85	0	17:25	18:45	大陸窗螢 x1	
10/18	北二	23.4	85	0	17:25	19:18	大陸窗螢 x1	
10/19	南一	25	71.5	0	17:24	18:17	大陸窗螢 x1	
10/19	南二	25	71.5	0	17:24	18:22	大陸窗螢 x3	

10/28	南一	25.1	77.2	-	17:17	-	0	
10/28	南二	25.1	77.2	-	17:17	-	0	
10/29	北一	27.5	66	0	17:17	18:52	山窗螢 x2	
10/29	北二	27.5	66	-	17:17	-	0	
11/14	南一	25.2	82	-	17:08	-	0	
11/14	南二	25.2	82	-	17:08	-	0	
11/15	北一	23	77	-	17:08	-	0	
11/15	北二	23	77	0	17:08	18:11	山窗螢 x1	
11/28	北一	19.2	70.5	-	17:05	-	0	
11/28	北二	19.2	70.5	-	17:05	-	0	
11/29	南一	22.8	68.5	-	17:05	-	0	
11/29	南二	22.8	68.5	-	17:05	-	0	
12/4	南一	22.1	73.3	-	17:06	-	0	
12/4	南二	22.1	73.3	-	17:06	-	0	
12/5	北一	18.5	70	-	17:06	-	0	
12/5	北二	18.5	70	-	17:06	-	0	
12/26	北一	20.5	77.1	-	17:14	-	0	
12/26	北二	20.5	77.1	-	17:14	-	0	
12/27	南一	21.3	83.4	-	17:14	-	0	
12/27	南二	21.3	83.4	-	17:14	-	0	
2016/1/8	北一	17.3	86.7	-	17:22	-	0	
2016/1/8	北二	17.3	86.7	-	17:22	-	0	
2016/1/9	南一	17.5	76.4	-	17:23	-	0	
2016/1/9	南二	17.5	76.4	-	17:23	-	0	
1/19	北一	15.7	80.5	-	17:30	-	0	
1/19	北二	15.7	80.5	-	17:30	-	0	
1/20	南一	17.2	83.3	-	17:31	-	0	
1/20	南二	17.2	83.3	-	17:31	-	0	

2/4	南一	17.7	76.6	-	17 : 41	-	0	
2/4	南二	17.7	76.6	-	17 : 41	-	0	
2/5	北一	18.0	82.1	-	17 : 42	-	0	
2/5	北二	18.0	82.1	-	17 : 42	-	0	
2/19	北一	20.2	82.8	-	17 : 51	-	0	
2/19	北二	20.2	82.8	-	17 : 51	-	0	
2/20	南一	16.3	81.6	-	17 : 51	-	0	
2/20	南二	16.3	81.6	-	17 : 51	-	0	
3/4	南一	20.3	83.6	0	17 : 58	18 : 33	大陸窗螢 x7 黑翅晦螢 x3	
3/4	南二	20.3	83.6	0	17 : 58	18 : 40	大陸窗螢 x11 黑翅晦螢 x5	
3/6	北一	23.2	83.6	0.05	17 : 59	18 : 25	黑翅晦螢 x25	
3/6	北二	23.2	83.6	0.05	17 : 59	19 : 55	大陸窗螢 x1	
3/15	南一	18.5	71.6	0.09	18 : 03	18 : 43	黑翅晦螢 x10	
3/15	南二	18.5	71.6	0.09	18 : 03	18 : 36	黑翅晦螢 x17	
3/16	北一	21.9	67.9	0.14	18 : 03	18 : 31	大陸窗螢 x1 黑翅晦螢 x85	
3/16	北二	21.9	67.9	0.14	18 : 03	18 : 35	大陸窗螢 x1 黑翅晦螢 x7	
3/29	南一	17.1	87.3	0	18 : 08	18 : 32	大陸窗螢 x20 黑翅晦螢 x69	
3/29	南二	17.1	87.3	0	18 : 08	18 : 34	大陸窗螢 x16 黑翅晦螢 x144	
3/30	北一	19.6	82.1	0.08	18 : 09	18 : 40	大陸窗螢 x1 黑翅晦螢 x340	
3/30	北二	19.6	82.1	0.08	18 : 09	18 : 44	大陸窗螢 x2 黑翅晦螢 x53	

4/11	南一	19.3	85.4		18 : 14		大陸窗螢 x26 黑翅晦螢 x43	
4/12	北一	21.1	79.3		18 : 14		大陸窗螢 x1 黑翅晦螢 x327	
4/13	南二	21.4	77.8		18 : 14		大陸窗螢 x13 黑翅晦螢 x123	
4/14	北二	21.2	83.6		18 : 15		大陸窗螢 x2 黑翅晦螢 x46	
4/24	北一	25.5	79.4	0	18 : 19	18 : 43	大陸窗螢 x4 黑翅晦螢 x78	
4/24	北二	25.5	79.4	0	18 : 19	19 : 24	黑翅晦螢 x1	
4/25	南一	26.3	74.6	0.05	18 : 20	18 : 52	大陸窗螢 x18 黑翅晦螢 x16	
4/25	南二	26.3	74.6	0.05	18 : 20	18 : 56	大陸窗螢 x3 黑翅晦螢 x38	
5/7	南一	26.2	79.5	0	18 : 25	19 : 14	大陸窗螢 x19	
5/7	南二	26.2	79.5	0	18 : 25	19 : 20	大陸窗螢 x4	
5/8	北一	23.9	83.8	0	18 : 26	19 : 25	大陸窗螢 x9	
5/8	北二	23.9	83.8	-	18 : 26	-	0	
5/18	北一	25.0	82.5	0	18 : 31	19 : 20	大陸窗螢 x2	
5/18	北二	25.0	82.5	-	18 : 31	-	0	
5/19	南一	26.0	77.6	0.01	18 : 31	19 : 08	大陸窗螢 x9	
5/19	南二	26.0	77.6	0.01	18 : 31	19 : 08	大陸窗螢 x2	
6/7	南一	25.6	83.2	0	18 : 40	19 : 29	大陸窗螢 x3	
6/7	南二	25.6	83.2	0	18 : 40	19 : 30	大陸窗螢 x1	
6/8	北一	27.7	78.8	-	18 : 40	-	0	
6/8	北二	27.7	78.8	-	18 : 40	-	0	

6/20	南一	28.9	75.9		18 : 44				大陸窗螢 x2	
6/20	南二	28.9	75.9		18 : 44				大陸窗螢 x1	
6/21	北一	29.2	74.5		18 : 44				大陸窗螢 x1	
6/21	北二	29.2	74.5	-	18 : 44		-		0	
7/9	南一	27.5	79.1	-	18 : 45		-		0	
7/9	南二	27.5	79.1	0	18 : 45		20 : 25		大陸窗螢 x1	
7/11	北一	27.3	83.3	0	18 : 45		19 : 50		大陸窗螢 x4	
7/11	北二	27.3	83.3	0	18 : 45		20 : 05		大陸窗螢 x1	
7/21	南一	29.3	77.7	0.05	18 : 42		19 : 31		大陸窗螢 x4	
7/21	南二	29.3	77.7	0.05	18 : 42		20 : 30		大陸窗螢 x1	
7/22	北一	28.8	77.2	0	18 : 41		20 : 13		大陸窗螢 x1	
7/22	北二	28.8	77.2	-	18 : 41		-		0	
8/3	南一	30.2	70.5	0	18 : 35		19 : 16		大陸窗螢 x25	
8/3	南二	30.2	70.5	0	18 : 35		19 : 16		大陸窗螢 x6	
8/4	北一	28.4	76.5	-	18 : 35		-		0	
8/4	北二	28.4	76.5	-	18 : 35		-		0	

## 附錄二、平地森林園區螢火蟲日間調查紀錄

2015/08/01 ~ 2016/08/04 大農大富平地森林園區螢火蟲日夜間定性採集記錄

日期	地點	種類及數量
2016/2/19	北環 1K	紅胸窗螢×1
2016/2/20	南環 7.6K	雙色垂鬚螢×1
2016/03/04	北環 2.8K	紅胸窗螢×2
2016/03/05	南環釣竿橋 南側	紅胸窗螢×2
2016/03/06	南環 1.25K	雙色垂鬚螢×1 紅胸窗螢×1
2016/03/16	南環 1.25K	雙色垂鬚螢×1

附錄三、平地森林園區螢火蟲設定採集調查紀錄

2015/8/1~2016/8/4 大農大富平地森林園區螢火蟲設定採集調查結果

陷阱 日期	N1-1	N1-2	N1.7	N2.3	N2.4	N2.7	S1.25-1	S1.25-2	S3.9	S4.8	S5.6	S7.6
8/1~8/16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8/16~9/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PA : 1
9/2~9/19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9/19~10/3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/3~10/18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/18~10/28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/28~11/14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/14~11/28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/28~12/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/5~12/26	0	0	0	LY : 1	0	0	0	0	0	0	0	0
12/26~1/9	0	0	LY : 2	LY : 1	0	0	0	0	0	0	0	0
1/9~1/22	0	0	0	0	0	0	SB : 1	0	0	0	0	0
1/22~2/5	PF : 2	0	0	0	0	0	0	PF : 1 SB : 1	0	0	0	PF : 1
2/5~2/20	PF : 1	0	0	0	0	0	PF : 1 SB : 1	PF : 1	0	0	0	PF : 1
2/20~3/4	AC : 2 PF : 3	PF : 2	0	0	0	PF : 2	PF : 2 SB : 3	0 SB : 1	0	0	0	PF : 1
3/4~3/16	AC : 2 PF : 1	PF : 1	0	0	0	0	SB : 2 SB : 1	SB : 1	PF : 1	0	0	0
3/16~3/30	AC : 3	AC : 31	0	0	0	AC : 2	SB : 1	0	AC : 4 PF : 1	0	0	0

3/30~4/12	AC: 9	AC: 262	0	AC: 1	0	AC: 24	0	0	0	0	0	0	0	AC: 154
4/12~4/25	AC: 3	AC: 118	0	0	0	AC: 11	0	0	0	0	0	0	0	AC: 76
4/25~5/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5/8~5/19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5/19~6/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6/8~6/21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6/21~7/9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7/9~7/22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7/22~8/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AC: 黑翅晦螢    LY: 為雲南扁螢    PA: 為大陸窗螢    PF: 紅胸窗螢    SB: 雙色垂鬚螢

附錄四、2015/01/01~2016/08/16 平地森林園區內氣候站所測得之

逐日氣溫資料(資料來源：中央氣象局)



氣象局  
逐日氣象資料

氣象站：光復 項目：氣溫(°C)

日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	平均
1	14.0	15.4	16.3	24.5	22.6	26.3	29.1	27.4	26.3	26.9	20.7	20.1	20.1	20.4	21.3	2																
2	13.2	16.4	16.3	24.9	25.3	27.1	29.0	27.5	25.4	25.9	20.4	20.4	21.3	18.3	3																	
3	14.9	16.8	20.1	25.6	25.7	27.5	29.1	27.5	25.9	26.7	21.1	21.1	18.3	17.7	4																	
4	15.9	15.8	16.6	25.3	22.3	26.8	29.2	27.7	26.2	26.5	23.2	23.2	17.7	18.3	5																	
5	18.5	13.0	19.7	25.3	20.7	27.5	28.5	27.7	27.0	26.6	24.3	24.3	18.8	18.8	6																	
6	20.1	12.8	17.8	24.8	24.1	26.5	27.9	27.6	27.9	24.5	25.0	25.0	18.8	18.8	7																	
7	16.7	15.0	18.6	20.3	23.8	26.6	29.1	27.5	24.2	24.1	25.9	25.9	18.7	18.7	8																	
8	13.3	12.7	21.5	16.8	24.9	27.7	25.3	25.2	25.4	25.2	25.3	25.3	19.2	19.2	9																	
9	13.8	11.6	17.8	19.2	25.8	27.7	27.8	26.5	24.4	24.3	24.0	24.0	19.0	19.0	10																	
10	15.0	12.6	14.4	19.2	25.9	27.4	28.5	28.2	24.3	23.2	21.5	21.5	19.9	19.9	11																	
11	15.5	14.5	14.7	18.1	23.6	27.1	29.4	27.9	24.3	21.9	21.1	21.1	18.4	18.4	12																	
12	14.9	15.5	16.1	19.4	21.5	28.0	29.3	28.1	24.3	21.3	22.5	22.5	19.1	19.1	13																	
13	16.6	16.3	18.0	18.3	23.2	28.6	27.0	26.1	24.8	20.8	23.7	23.7	20.8	20.8	14																	
14	17.1	17.2	22.1	17.4	25.7	28.5	27.7	27.0	25.1	20.0	24.0	24.0	21.2	21.2	15																	
15	15.4	19.5	19.1	19.3	27.1	28.4	27.5	27.8	26.1	21.4	22.8	22.8	19.2	19.2	16																	
16	16.2	19.5	23.4	22.5	27.2	29.0	27.9	26.1	25.4	22.2	23.9	23.9	15.2	15.2	17																	
17	14.8	17.3	23.7	24.4	26.2	29.4	27.7	27.1	23.7	22.1	24.7	24.7	12.9	12.9	18																	
18	15.5	16.4	23.6	25.3	26.5	28.2	27.9	26.7	24.2	22.6	24.7	24.7	14.5	14.5	19																	
19	15.5	15.2	22.8	25.7	26.7	27.7	27.2	27.3	23.7	23.0	23.3	23.3	16.7	16.7	20																	
20	16.2	17.3	23.4	25.3	24.6	27.5	27.9	27.5	24.5	21.0	22.5	22.5	19.2	19.2	21																	
21	17.6	19.0	22.2	19.5	20.5	28.3	28.6	26.4	24.7	21.7	21.6	21.6	20.6	20.6	22																	
22	15.7	19.3	18.2	19.4	23.8	28.4	27.9	24.1	25.5	23.1	21.7	21.7	21.7	21.7	23																	
23	14.7	20.5	17.9	21.0	24.8	28.5	27.9	26.4	26.5	24.8	22.7	22.7	21.2	21.2	24																	
24	15.4	20.8	17.5	22.1	25.1	28.1	27.7	27.4	26.4	24.2	22.2	22.2	22.5	22.5	25																	
25	13.4	21.9	16.9	20.7	22.7	28.6	27.5	25.7	24.5	22.5	20.4	20.4	19.0	19.0	26																	
26	19.9	21.9	18.2	20.7	23.2	29.3	27.9	24.5	24.0	22.2	16.0	16.0	17.9	17.9	27																	
27	17.4	22.2	20.3	23.3	25.6	29.4	28.2	25.0	25.8	23.7	14.7	14.7	18.5	18.5	28																	
28	16.4	21.0	17.4	24.4	26.2	29.3	27.1	25.8	25.2	23.7	17.4	17.4	17.4	17.4	29																	
29	17.7	20.3	20.3	24.5	26.5	28.7	27.3	25.8	26.8	24.1	20.7	20.7	17.0	17.0	30																	
30	15.3	20.9	22.6	22.6	27.6	29.0	27.7	25.7	27.0	24.3	20.7	20.7	17.8	17.8	31																	
31	15.5				25.5		27.9	25.8		22.5			17.7	17.7	平均																	
平均	15.9	17.1	19.2	22.0	24.7	28.0	28.0	26.7	25.3	23.5	22.1	22.1	18.7	18.7																		

測站地址：光復鄉大進村糖廠街19號(臺糖公司花蓮光復糖廠內)  
 經度：121°25'00.62" E  
 緯度：23°39'44.99" N  
 高度：120M  
 2016/01/15 印

[註1]：T 表微量 [註4]：- 表沒有降水或0 [註7]：# 表故障待修  
 [註2]：/ 或空白表無紀錄 [註5]：V 表風向不定(VARY) [註8]：\* 如項目為蒸發量，表示當日有降水，其他項目為資料有缺  
 [註3]：X 表儀器故障 [註6]：& 表累計於後 [註9]：全天空日射量資料自1986~2002年間可能有系統性誤差，使用請注意。

# 氣象局 逐日氣象資料

氣象站：光復		項目：氣溫(°C)											2016年	
C01960	Guangfu	Item: Temperature											日/月	日/月
日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
1	18.5	16.0	14.6	20.0	23.1	28.8	28.3	24.3						
2	18.6	14.9	16.3	21.8	24.7	27.2	28.9	27.6						
3	19.0	15.9	16.7	23.1	26.1	28.4	28.8	27.5						
4	21.3	17.7	18.7	22.7	25.6	28.3	28.9	28.7						
5	22.0	16.1	20.3	23.6	26.2	26.7	28.9	28.4						
6	19.9	13.0	21.5	25.0	27.7	25.7	29.1	27.3						
7	18.5	12.6	21.5	25.6	26.8	25.6	27.5	26.3						
8	16.6	13.4	22.2	25.5	25.2	25.9	25.4	27.7						
9	16.9	14.7	17.8	23.7	26.3	25.9	27.4	27.8						
10	18.0	17.0	14.3	23.9	27.7	26.0	27.4	28.1						
11	17.5	18.5	13.8	20.6	21.1	24.9	27.5	27.1						
12	16.9	20.6	16.1	22.7	23.9	26.4	28.4	26.4						
13	16.0	22.1	19.8	22.6	25.4	24.6	28.4	26.2						
14	15.2	18.3	15.1	22.2	25.2	25.5	28.3	27.5						
15	16.1	12.6	15.3	22.0	25.3	28.2	28.9	27.9						
16	17.3	11.6	18.5	25.0	22.0	28.6	28.8	28.5						
17	20.2	12.6	21.2	23.6	21.2	28.3	28.0	26.9						
18	15.1	16.3	22.9	21.4	23.7	28.5	28.4							
19	14.9	18.8	22.5	20.7	23.7	28.0	28.4							
20	15.4	15.4	18.8	24.0	24.2	28.0	28.9							
21	17.7	14.3	18.0	26.2	24.6	28.2	29.2							
22	17.6	18.9	19.2	24.7	25.7	28.7	28.9							
23	13.5	16.8	19.2	25.8	25.8	29.3	28.3							
24	8.6	15.3	14.0	24.6	25.2	29.1	28.7							
25	8.5	15.5	13.2	24.4	24.8	28.7	28.0							
26	12.6	16.4	13.8	25.2	25.9	28.0	28.2							
27	15.9	16.8	14.4	24.5	27.8	28.1	28.7							
28	18.5	17.7	15.2	21.6	28.0	30.1	29.3							
29	18.6	15.0	16.1	20.6	28.0	28.9	28.9							
30	17.9		18.3	21.3	27.7	28.3	28.1							
31	17.9		21.6	27.4	27.4	28.4	28.4							
平均	16.8	16.0	17.8	23.3	25.4	27.6	28.4	27.3	-	-	-	-	-	平均

測站地址：光復鄉大進村糖廠街19號(臺糖公司花蓮光復糖廠內)

經度：121°25' 00.62" E

緯度：23°39' 44.99" N

高度：120M

2016/08/18 印

[註1]：T 表微量 [註4]：- 表沒有降水或0 [註7]：# 表故障待修  
 [註2]：/ 或空白表無紀錄 [註5]：V 表風向不定(VARY) [註8]：\* 如項目為蒸發量，表示當日有降水，其他項目為資料有缺  
 [註3]：X 表儀器故障 [註6]：& 表累計於後 [註9]：& 全天空日射量資料自1986~2002年間可能有系統性誤差，使用請注意。

## 附錄五、平地森林園區螢火蟲資源調查解說員培訓課程綱要

### 初階課程

日期	時間	課程名稱	講師	備註
2/21 (日)	10:00~12:00	日間螢火蟲觀察	陳燦榮	上課地點:大農大富平地森林園區服務中心
	13:30~14:20	大農大富平地森林的由來	紀有亭	
	14:30~15:50	臺灣螢火蟲生態一	陳燦榮	
	16:00~17:20	臺灣螢火蟲生態二	陳燦榮	
	18:30~20:30	夜間螢火蟲觀察	陳燦榮	
2/22 (一)	13:00~14:50	大農大富平地森林螢火蟲資源與應用	陳燦榮	上課地點:花蓮市伊達斯酒店

### 進階課程

日期	時間	課程名稱	講師	備註
3/05 (六)	14:30~16:20	螢火蟲分類以及其他發光昆蟲	鄭明倫	上課地點:光復台糖
	16:30~17:20	螢火蟲資源調查	陳燦榮	
	18:30~20:30	夜間螢火蟲調查操作	陳燦榮	
3/06 (日)	10:00~12:00	日間螢火蟲調查操作	陳燦榮	上課地點:光復台糖
	13:30~15:20	大農大富平地森林賞螢規劃與注意事項討論	陳燦榮	
	15:30~16:20	螢火蟲解說驗收	陳燦榮	

#### 講師簡介:

##### 陳燦榮

曾任中華民國螢火蟲保育協會理事、常務理事，常年於大專院校、民間社團、社區大學等擔任螢火蟲解說員培訓講師。近期承接相關計畫有2009~2010年墾丁國家公園螢火蟲資源調查與應用案。2011年西拉雅國家風景區螢火蟲資源調查與應用案。相關著作有「臺灣螢火蟲」、「螢在西拉雅」等。現為花蓮縣棲地保育學會專案經理。

##### 鄭明倫

美國堪薩斯大學 (University of Kansas) 昆蟲學博士。曾擔任2010年於馬來西亞所舉辦之第二屆螢火蟲國際研討會會前螢火蟲分類工作坊講師。於國際期刊發表螢科昆蟲相關報告十數篇，為近代國內螢火蟲分類主要研究學者。現任職國立自然科學博物館副研究員。

## 附錄六、採購評選委員會會議紀錄及審查意見回覆

### 林務局花蓮林區管理處

#### 「大農大富平地森林園區螢火蟲資源調查暨解說手冊 出版計畫」委託計畫

#### 採購評選委員會會議紀錄

壹、時間：104年6月15日下午14時整

貳、地點：本處三樓會議室

參、主持人：李召集人政賢

記錄：吳玫霏

肆、評選委員會組成：外聘委員4人、內派委員3人，共計7人組成。

伍、出席委員：李召集人政賢、紀副召集人有亭、楊委員國祥、林委員鴻忠、楊委員平世、何委員健鎔、黃委員國靖。

陸、請假委員：無

柒、列席人員：無

捌、評選方式：採序位法評選優勝廠商。

玖、投標廠商家數及名稱：投標廠商1家且其資格及評選項目以外資料經審查合格，廠商名稱為花蓮縣棲地保育學會。

拾、召集人致詞：(略)

拾壹、報告事項：(略)。

拾貳、評選委員意見：

委員	委員意見	廠商回覆
黃委員國靖	1. 調查範圍、路線宜補充說明。園區廣大，可有針對	1. 目前依照投標時規畫，於南、北環道各選定兩處穿越線進

	<p>不同棲地進行採樣？</p> <p>2. 園區內可有任何人為干擾、活動？如除草、修路、大型活動等。</p> <p>3. 解說手冊內容架構為何？補充說明。</p> <p>4. 採樣使用的化學溶液是否有回收處理？</p> <p>5. 棲地環境條件與物種關係應補充說明，如：植被、溫濕度、光照…可能對螢火蟲造成干擾。</p>	<p>行定量調查（位置及選定方式如期初報告），四處穿越線之林相與地貌皆有差異。</p> <p>2. 攔截網設置於不同植被環境，離道路至少 5 公尺，網具上亦繫綁「研究用」標示牌，避免一般遊客及除草人員干擾。若園區內有大型活動時，調查日期會與其錯開，避免干擾調查活動與結果。</p> <p>3. 解說手冊內容架構擬規劃「關於大農大富」、「螢火蟲的故事」、「螢火蟲的一生與棲息環境」、「如何規劃理想的賞螢活動」及「大農大富平地森林及其附近螢火蟲圖鑑」等四大章節。</p> <p>4. 本計畫攔截網陷阱使用乙醇與丙二醇混和溶液，水溶性且對環境毒性低。根據國家環境研究毒物中心資料，丙二醇進入水及土壤中會在幾天至一個星期被分解。乙醇則對環境影響主要為易燃。溶液具有揮發性，於計畫執行間以補充為主，廢液問題不大。</p> <p>5. 本團隊會取溫度、濕度、光照度等環境條件，再以恰當的統計分析嘗試探討解釋。</p>
<p>何委員健鎔</p>	<p>1. 用語的統一，紹達 (sauter)、紹德、曹德。</p> <p>2. 中期的螢火蟲研究，三輪勇四郎的貢獻似不可忽略。</p> <p>3. 1900~1918 年間沒有相關研究發表嗎？</p>	<p>1. 感謝委員，統一為「梭德」。</p> <p>2. 已補列為參考。</p> <p>3. 本建議書之「前人研究」主要針對分類及昆蟲相調查。1900-1918 年間，尚有永澤小兵衛</p>

	<p>4. 1997 年富源森林遊樂區的螢火蟲調查建議可列入參考。</p> <p>5. 黃肩脈翅螢與姬脈翅螢可利用 DNA 鑑定確認。</p> <p>6. 多半零散不定時不定點採集，建議採定點調查。新的種類建議要發表。</p> <p>7. 調查時若遇下雨天如何進行調查呢？環境因子如光、溫濕度…亦應記錄。</p> <p>8. 參考文獻請適當列入，如前言第 2 段。</p> <p>9. 採到幼蟲如何處理？如何統計？</p> <p>10. 建議資料的數據可進入 TBN 資料庫。</p>	<p>1903-1905 草山螢火蟲的行為觀察，但與本文無甚相關故未列入；另，素木得一 1918 臺灣螢科名錄已補列。法國人 Olivier, Pic 的報告，原服務建議書已列。</p> <p>4. 感謝委員，經查應為 2004 年「火金姑來照路」生態之旅活動與螢火蟲解說教育訓練計畫案，已列入參考。</p> <p>5. 黃肩脈翅螢與姬脈翅螢之模式標本皆採自恆春，故目前以當地個體為形態鑑定標準。若欲以分子解悉，則需有縝密之取樣規劃，非本計畫範圍。</p> <p>6. 本計畫採定點調查為主，不定點調查為輔。若發現新的種類，會考量其分類特性與完整性，以類群綜述(review)或修訂(revision)方式發表。</p> <p>7. 調查遇雨則延期。調查期間會將環境因子一併記錄。</p> <p>8. 已補列。</p> <p>9. 幼蟲採定性調查，記錄調查時隨機所發現數量，不做分析統計。</p> <p>10. 依委員指示辦理。</p>
楊委員平世	<p>1. 肯定管理處對平地森林園區螢火蟲資源調查，並將此資源供作生態旅遊及環教資源。</p> <p>2. 研究團隊為國內螢火蟲資源調查極具豐富經驗之團隊，對解說也累積相當不錯的成果，預期結果值得期待，綜合評述做得十分</p>	<p>1. 感謝委員的肯定。</p> <p>2. 感謝委員的肯定。</p>

	<p>詳細。</p> <p>3. 本研究包括資源調查、培訓和出版專書，極為完整，對螢火蟲應用於生態旅遊和環教的素材，對民眾極具吸引力。</p> <p>4. 請詳加瞭解螢火蟲攝食之螺貝類、蚯蚓…等獵物，並評選賞螢物種、月份和最佳地點，同時評估棲地保護之策略。</p> <p>5. 請特別注意是否有冬天出現種類，如有則可配合每年農曆過年例行活動舉辦賞螢。</p> <p>6. 是否加強幼蟲和成蟲間之型態關係，並嘗試飼養。</p> <p>7. 希望期中時能提出解說素材和書籍內容綱要。</p>	<p>3. 感謝委員的肯定。</p> <p>4. 依委員指示辦理。</p> <p>5. 依委員指示辦理。</p> <p>6. 對於幼蟲和成蟲關係不明瞭之種類，本團隊會嘗試飼養。</p> <p>7. 手冊樣稿依合約規定，於期中報告前提供林管處討論與審閱；專書樣稿則依合約規定，會於期末報告前提供林管處審閱。</p>
林委員鴻忠	<p>1. 請問志工徵選有方案嗎？解說方式如何？</p> <p>2. 本計畫的具體成果-手冊及專書所用的照片是自行拍攝嗎？內容中英雙語呈現嗎？</p> <p>3. 計畫執行期間，建議增加訪談社區、當地 NGO，以在地人凸顯在地特色。</p>	<p>1. 本計畫培訓對象為林管處平森社區志工及國家森林志工。解說方式採室內講解及戶外實地操作等方式進行。</p> <p>2. 手冊及專書所用之圖像均為本團隊自行拍攝。由於版面限制及使用對象考量，內容儘以中文呈現。</p> <p>3. 本案於調查期間，會訪談當地人瞭解早年螢火蟲狀況。</p>
楊委員國祥	<p>1. 手冊及專書內容宜先讓本處審閱，同時建議雙語呈現。</p>	<p>1. 手冊樣稿依合約規定，於期中報告前提供林管處討論與審閱；專書樣稿則依合約規定，會於期末報告前提供林管處審閱。內容部分，由於版面及使用對象考量，內容原則仍以中文呈現，視需要於圖說加列英文。</p>
紀委員有亭	<p>1. 本計畫培訓對象為本處平森社區志工及國家森林志</p>	<p>1. 依委員指示辦理。</p>

<p>(兼副召集人)</p>	<p>工，培訓及未來的賞螢活動結合縱管處可減少經費、資源共享。</p> <p>2. 規劃每月 2 次調查，每次 2-3 人，這樣的人力足夠應付廣大園區嗎？又穿越線如何分布？建議樣點應平均分布。</p> <p>3. 調查時可提供人力給本處志工參與，附近曾參與本處社區林業的社區亦可考慮結合資源。</p>	<p>2. 園區雖然林相豐富，但環境仍屬單純，人力配置將修改為 3-4 人，應足以應付。穿越線以能結合未來賞螢動線及不同地貌、林相來設置。攔截網則會散布於不同林相間設置。</p> <p>3. 依委員指示辦理，初步規劃於明年 2~3 月執行志工培訓時，提供志工或社區人員參與。</p>
----------------	--	---



期中審查意見彙整表(按發言順序)

審查委員/ 列席者	審查意見	廠商回覆
林委員鴻忠	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 團隊已有初步的調查成果(發現6種螢火蟲), 主要的是季節性有何種螢火蟲出現, 可供課程材料之編輯, 及棲地的不同關係需有環境層面的說明。</li> <li>2. 培訓課程應著重賞螢的行為與態度、不同棲地與不同螢火蟲出現之關係及棲地維護方式。</li> <li>3. 社區居民及志工之甄選培訓應與林管處溝通, 使受訓後之志工真正能運用在現場的種子老師。</li> <li>4. 手冊雖以中文為主, 但重點地方應附以簡單英譯為妥, 畢竟未來會有國外人士參與。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依委員指示辦理, 於期末報告中會做說明。</li> <li>2. 已依委員指示, 於培訓課程中加強。</li> <li>3. 已依委員指示辦理。</li> <li>4. 於後續專書製作中, 圖說部份將附中、英對照。</li> </ol>
黃委員國靖	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 日間採樣未做討論, 又 p. 23 表 3-4 是日間或夜間?建議列出個體數。</li> <li>2. 棲地環境條件未在報告中討論, 相關資料亦未列出。</li> <li>3. 現有螢火蟲物種與棲地可有關係?</li> <li>4. 目前調查(5個月)螢火蟲的蟲相如何?(與過往資料比較)</li> <li>5. 手冊和專書內容是為重覆性或不同性質?</li> <li>6. p. 24 圖例不明顯, p. 14、p22 調查時間不一樣, 目次肆、調查結果與探討, 未見內容; p. 26 棲地環境維護, 能否更具體? 植被維護、除草、開墾、施藥...</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依委員指示, 於期末報告中補充說明。</li> <li>2. 依委員指示, 於期末報告中補充說明。</li> <li>3. 依委員指示, 於期末報告中補充說明。</li> <li>4. 依委員指示, 於期末報告將列入討論。</li> <li>5. 專書為較完整陳述, 手冊原則上是節錄專書中之簡要。</li> <li>6. p. 24 圖例應為彩色頁, 期中報告中誤以黑白印刷, 已修正。p. 22 調查時間為筆誤, 已修正。目次肆及 P. 26 之內容, 將依委員指示加強。</li> </ol>
紀委員有亭	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. p. 5 倒數第 4 行, ...園區所記錄的種類有「5」種...是否筆誤? 請再次核</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 筆誤, 已改正。</li> </ol>

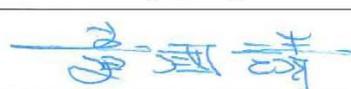
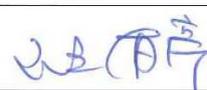
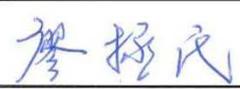
審查委員/ 列席者	審查意見	廠商回覆
	<p>對。</p> <p>2. 賞螢動線目前規劃在南環，為求單純化、降低人力需求，建議就近改於北一、南一。</p> <p>3. 培訓課程初階以本處志工、周邊社區居民及縱管處志工為對象；進階原則仍結合縱管處一起辦理。若費用超出計畫範圍，可另案簽辦。</p> <p>4. 今年螢火蟲出現的時間點還請協助掌握精確，俾利活動辦理。</p>	<p>2. 已依委員指示辦理。</p> <p>3. 依委員指示辦理。</p> <p>4. 依委員指示辦理。</p>
廖委員拯民	<p>1. 經營管理方面：</p> <p>(1)螢火蟲棲地環境如何建立維護機制免招破壞，台糖仍繼續辦理獎勵平地造林撫育，該如何撫育才不致影響棲地破壞，或者停止一切擾動行為之建議。</p> <p>(2)保護區範圍如何劃定及維護？除請台糖配合外，建議由周邊社區認養經營管理(綠野香坡等)。</p> <p>2. 教育訓練及種子老師解說員培育： 周邊社區如環頸雉大豐、大富、大興等荒廢農地及山坡地均有發現大量螢火蟲，在辦理教育訓練時請通知各社區務必參訓及萬榮工作站派員學習。</p>	<p>1. 依委員指示辦理，於期末報告中將提出建議。</p> <p>2. 已依委員指示辦理。</p>
何委員健鎔 (書面意見)	<p>1. p.1 第2段倒數第2行生態觀「查」應為→「察」。第3段第1行…耆宿訪談，建議應將人名紀錄下來，以利追查。</p> <p>2. p.2 一)臺灣螢火蟲調查研究歷程概述，占了近3張頁數，建議宜濃縮</p>	<p>1. 依委員指示辦理。訪談人名部份，由於牽涉到個資及研究倫理，無法於報告中明列。若委員有需要，本團隊可私下提供。</p> <p>2. 依委員建議參處。</p>

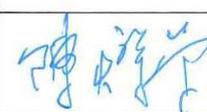
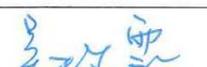
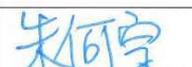
審查委員/ 列席者	審查意見	廠商回覆
	<p>呈現重點即可。另一)括符宜完整為→(一)，後亦同。</p> <p>3. p. 4 最後 1 行所引用文獻有荒野保護協會、花蓮縣棲地保育學會，建議宜以人名呈現。p. 5…何健鎔(2004)…亦於富源森林遊樂區進行 2 個月螢火蟲調查…，應加入調查結果有多少種。吳加雄(2010)比較了…分子親緣關係…，似乎也遺漏了結果。林等(2010)…應修改為→林晏洲等(2010)。</p> <p>4. p. 6 表 1-1 記錄花蓮地區的螢火蟲種類對應文獻來源，建議加列地點，如太魯閣國家公園、富源、池南等地點，才能呈現完整之面貌，亦可比較種類之分布等，如平地、山區之比較。另加註符號※建議放在種名後方。</p> <p>5. p. 49 雙色垂鬚螢為日夜行性或夜行性請再確認。</p> <p>6. p. 32 附件一建議增加經緯度欄位，以利未來引用價值。</p> <p>7. 建議附錄增加溫濕度、降雨量等氣象資料。</p>	<p>3. 經查，該兩份報告僅列申請單位及執行單位，並無計畫主持人。餘依委員建議修正。</p> <p>4. 依委員指示辦理。</p> <p>5. 雙色垂鬚螢往年可能因為日間調查次數較少，僅在夜間發現。然而經本團隊於民國 99 年、100 年於墾丁國家公園及本計畫之調查中，均可在日間發現數例雄蟲於枝葉間飛行。</p> <p>6. 期中報告中，P. 19 及 P. 21 表 3-1 及 3-2 中均已列出各調查點之經緯度。</p> <p>7. 依委員指示辦理。</p>
萬榮站 謝技士靜敏	<p>1. 建請依政府出版品申請 ISBN 編碼，並依政府出版品規定格式。</p> <p>2. p. 16 倒數第 2 行，化學式數字部分改下標。</p> <p>3. p. 17 圖 3-1，收集之昆蟲可否提供日後作為園區標本展示區用。</p>	<p>1. 專書的部份會申請 ISBN 編碼，並依政府出版品規定格式。</p> <p>2. 感謝委員指正，已修正。</p> <p>3. 攔截網所蒐集之昆蟲一則已因浸泡於酒精溶液中，身軀多已硬化，</p>

審查委員/ 列席者	審查意見	廠商回覆
	<p>4. p. 26 三(一)1. 棲息環境之維護分三區，可否於報告中圖示範圍。</p> <p>5. p. 46 小紅胸黑翅螢學名之拉丁文應斜體。</p>	<p>二則多為小型昆蟲少具觀賞價值。故除非有專門保存設備及專業標本製作人員處理，標本難以保存。然若林務局仍有需要，本團隊願意提供所採樣本。</p> <p>4. 依委員指示辦理，將於期末報告中補述。</p> <p>5. 感謝委員指正，已於手冊上改正。</p>

林務局花蓮林區管理處 委託辦理  
 「大農大富平地森林園區螢火蟲資源調查暨解說手冊出版計畫」  
 期中會議簽到單

- 一、開會時間：105年1月28日（星期四）下午2時  
 二、開會地點：本處3樓會議室  
 三、主持人：李副處長政賢   
 四、出(列)席單位及人員：

出席人員	簽名處
林委員鴻忠 (羅東林管處處長)	
楊委員平世 (國立臺灣大學)	(請假)
何委員健鎔 (特生中心)	(請假)
黃委員國靖 (國立東華大學)	
紀委員有亭 (本處育樂課課長)	
廖委員拯民 (本處萬榮站主任)	

出/列席者	簽名處			
	職稱	姓名	職稱	姓名
本處萬榮工作站	技士			
花蓮縣棲地保育學會				
本處育樂課	技士		技士	

五、散會： 時 分

## 附錄八、期末審查會議紀錄及審查意見回覆

### 林務局花蓮林區管理處

#### 「大農大富平地森林園區螢火蟲資源調查暨解說手冊 出版計畫」委託辦理計畫期末會議紀錄

- 甲、時間：105年9月29日（星期四）下午2時
- 貳、地點：本處3樓會議室
- 參、主持人：吳處長坤銘  
記錄：吳玫霽
- 肆、出(列)席單位及人員：如所附會議簽到單影本
- 伍、期末報告：(略)
- 陸、委員意見：詳所附委員意見彙整表
- 柒、會議結論：
- 一、審查委員意見請受託單位納入成果報告修正。本計畫期末查通過。
  - 二、賞螢專書出版前請主辦單位逐字閱讀校稿，務求內容之正確性。
- 捌、散會：下午16時00分

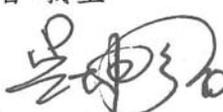
期末審查意見彙整表(按發言順序)

審查委員/ 列席者	審查意見	廠商回覆
楊委員平世	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.調查及往昔研究整理成果卓著，此資訊除可供作基礎研究、保育之依據外，亦可做為環境教育及社區生態產業推動之參考。</li> <li>2.姬脈翅螢是否確為黃肩脈翅螢？</li> <li>3.應將大農大富作為里山倡議規劃，如何把螢火蟲及林木作為本區之特色？</li> <li>4.此區陸生螢火蟲之食物為何？</li> <li>5.賞螢區需不需設棧道？請提出看法或建議。另外，風倒木或枯木如何處理？也請提出建議。</li> <li>6.除草應做分區割除，應不影響幼蟲族群，可見吳加雄的報告。</li> <li>7.螢火蟲隨蔗苗、土壤進入，可能性不大！應為退縮到附近樹林、河岸林間避難之殘存族群逐漸繁衍出來的。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員肯定。</li> <li>2. 兩者為不同種，池南的姬脈翅螢應為黃肩脈翅螢小型個體的誤判。</li> <li>3. 感謝委員建議。</li> <li>4. 窗螢屬的種類，以蝸牛為食；雙色垂鬚螢以蚯蚓為食，晦螢屬的食性較多樣，蝸牛、蚯蚓都吃，甚至會取食螞蟻。</li> <li>5. 針對園區現況，賞螢區不需另外架設棧道。風倒木等，建議現地堆置即可。</li> <li>6. 感謝委員的建議。</li> <li>7. 感謝委員提出的看法。</li> </ol>
林委員鴻忠	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 短暫期間完成五大工作，包括前人研究及戶外普查 27 次、彙整相關的資料，供林管處參考，值得肯定。</li> <li>2. 棲息環境維護，雖然初步瞭解刈草未明顯影響螢火蟲繁衍，但若減少刈草次數，如一年 1 次改為二年 1 次，避免賞螢季節刈草，不但不會影響林木之生長(樹木已能獨立生長)，還會營造地被植群多樣性景觀，及四季野花的出現。</li> <li>3. 服務中心及停車場加設遮光罩可以考慮，賞螢步道區(自行車道)可研究適當距離酌設柔和腳下燈之可行性。</li> <li>4. 春季 3-4 月、秋季 8-10 月螢火蟲數量較多，可與相關機關、社團、社區，以公私協力、策略聯盟方式推廣生態旅遊，成為亮點活動。</li> <li>5. 主題活動以遊客中心多媒體作為先行環</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員肯定。</li> <li>2. 應避免於 2 至 4 月間，黑翅晦螢幼蟲化蛹及賞螢季間刈草(已於 P. 54 補述)。然而園區內地被植物幾乎為咸豐草、鴨跖草及地生蕨類，若改為兩年才一次刈草，環境恐過於雜亂。</li> <li>3. 感謝委員的意見。</li> <li>4. 感謝委員意見。</li> <li>5. 感謝委員意見。</li> </ol>

審查委員/ 列席者	審查意見	廠商回覆
	<p>教的場所，再帶到賞螢區。至於解說牌設置以不影響賞螢動線的整體景觀為原則(可在入口處)，解說站之設置有無必要可討論。</p> <p>6.解說書籍非研究報告書，可否以深入淺出的方式稍精簡主文內容，另主文字體應放大一些(供參考)。</p>	<p>6. 感謝委員建議，專書字級已由 9.5 級調整至 10 級，其他將會視狀況適度調整。</p>
何委員健鎔	<p>1.期末報告格式問題： (1)本文中「本計畫」、「本團隊」的用語過多，請精簡。 (2)字體前後大小不一，請統一。 (3)封面格式請依農委會相關規定辦理。 (4)使用的年月日請用正式格式。</p> <p>2.內文部分請依下列意見： (1)參考文獻請濃縮。 (2)環境教育部分請增加賞螢宣言。 (3)刈草部分請註明用牛筋繩或是刀片。</p> <p>3.書籍部分： (1)小錯誤多，請逐一修正。 (2)p.130 名錄有待商榷。並應跟上最新資訊。</p>	<p>1. 感謝委員建議，已重新檢視修改。</p> <p>2. 感謝委員建議，已重新檢視適度調整</p> <p>3. 感謝委員提醒，名錄更新已委請鄭明倫博士重新校稿。</p>
黃委員國靖	<p>1.p.21 調查方法有日間、夜間、穿越線、攔截網等，但文中並未討論不同方法採集結果，以供後續調查研究參考。Ex:設定採樣沒採到山窗螢。</p> <p>2.p.30 第 1 行..請修正為 2015.09.03-04。</p> <p>3.p.36 大陸窗螢共域性之解釋並不清楚，請補充。</p> <p>4.p.37 優勢種北環為黑翅晦螢、南環為大陸窗螢，為什麼？請補充說明。</p> <p>5.p.38...(美崙公園?)，請修正。 可能原因 a.b.c.d.不要用代號，直接說明便於閱讀。</p> <p>6.p.39 環境因子，螢火蟲成蟲出現是否會受環境因子影響？</p> <p>7.p.52 深入森林地的割草及踐踏行為，並未</p>	<p>1. 感謝委員意見，將於結案報告中補充說明。</p> <p>2. 已修正。</p> <p>3. 感謝委員意見，將於結案報告中補充說明。</p> <p>4. 已補充。</p> <p>5. 花蓮市僅有美崙公園一處綠地，然而團隊在 2004~2006 在美崙公園之調查並無黑翅晦螢記錄，故以?號表示。其餘已修正。</p> <p>6. 成蟲出現的時機與數量，除了本身的族群遺傳因素，一定也會與環境因子(如氣候、食物、植被變化...等等)有關，但各因素的影響程度，無法經由一年的調查來予確認。</p>

審查委員/ 列席者	審查意見	廠商回覆
	<p>明顯影響當地螢火蟲的繁衍...是依據怎樣的數據來判斷？施作方式？</p> <p>8.p.54 環境教育的訊息傳達，解說板的內容未見。</p> <p>9.賞螢書籍建議如下：</p> <p>(1) 學名應斜體。</p> <p>(2) 每屬有幾種(轄區內)？p.78 晦螢屬缺種數。</p> <p>(3) 建議每種加列屬名，以利閱讀。</p>	<p>7. 已於結案報告中補述。</p> <p>8. 解說板內容可參考相關專業報告與書籍，該文為建議設置解說板。</p> <p>9. 已依委員建議修正。</p>
紀委員有亭	<p>1.各名稱應統一，如大農大富平地森林園區及富源、池南國家森林遊樂區。</p> <p>2.生態廊道或生物廊道依林試所調查報告，主要通道有三：嘉農溪、大和溪及無名溪，但是否為螢火蟲主要遷移通道，仍請團隊評估參考。</p>	<p>1. 感謝委員指正，已再次檢查修正。</p> <p>2. 感謝委員提供訊息。</p>
許委員芳嘉	<p>1. 建議將「生物資源與計畫緣起」與「研究地理與歷史沿革」互換。</p> <p>2. 參考文獻統一放報告書最後。</p> <p>3.p.51 棲地經營管理部分，請問在什麼樣的生態環境會有何種螢火蟲出現？</p>	<p>1. 依委員建議辦理。</p> <p>2. 為了方便閱讀參考，現在的論文很多都是獨立章節區分，參考文獻亦同。</p> <p>3. 依園區內現有物種而言，大陸窗螢、紅胸窗螢及黑翅晦螢棲息環境幾乎重疊，分布範圍涵蓋全園區。其他雙色垂鬚螢及雲南扁螢等，明顯僅棲息於部分無名溝渠，一般民眾不易靠近。</p>
萬榮站 謝技士靜敏	<p>1.本書為需付費書籍，但部分圖片為已發表之期刊刊登，為避免侵權，建請取得原投稿期刊無償使用申明。</p> <p>2.請依期中報告本站審查意見提供園區常見樣本各 20 隻完整蟲體，俾利萬榮站製作樣本置於園區中解說。</p> <p>3.因濕度易隨氣體流動及架設高度而異，有關氣候調查部分，建議未來可選購溫濕度紀錄器及土壤水份計配合微氣候調查，以統計學進行複因子分析可望得知相關性。</p>	<p>1. 已將圖片調整不與期刊相同。</p> <p>2. 園區內常見種類為大陸窗螢及黑翅晦螢，本計畫執行中，僅保留由陷阱所採集之樣本。經檢視所採樣本，僅黑翅晦螢有足夠數量，至於其他種類，不僅數量零星且個體多為破損，待檢視整理後，提供樣本給花蓮林管處保存。</p> <p>3. 感謝委員建議。</p>

林務局花蓮林區管理處 委託辦理  
 「大農大富平地森林園區螢火蟲資源調查暨解說手冊出版計畫」  
 期末審查會議簽到單

- 一、開會時間：105年9月29日（星期四）下午2時
- 二、開會地點：本處3樓會議室
- 三、主持人：吳處長坤銘 
- 四、出(列)席單位及人員：

出席人員	簽名處
林委員鴻忠 (羅東林管處處長)	林鴻忠
楊委員平世 (國立臺灣大學)	楊平世
何委員健鎔 (特生中心)	何健鎔
黃委員國靖 (國立東華大學)	黃國靖
紀委員有亭 (本處育樂課課長)	紀有亭
許委員芳嘉 (本處育樂課技正)	許芳嘉

出/列席者	簽名處			
	職稱	姓名	職稱	姓名
本處萬榮工作站	技士	謝靜敏		
花蓮縣棲地保育學會	理事長	傅允陽	總幹事	蔡美青
本處育樂課	技士	柯宗	技士	吳以宏

五、散會：16時0分