

契約編號：485-98-01

墾丁國家公園螢火蟲資源調查與應用
A Survey on the Firefly Resource of Kenting
National Park and its Application

受委託單位：陳燦榮

計畫主持人：陳燦榮

協同主持人：鄭明倫

研究人員：陳燦榮、鄭明倫、

張志遠、賴郁雯

墾丁國家公園管理處委託調查報告

中華民國 98 年 12 月

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 計畫緣起	1
第二節 前人研究	4
第二章 調查方法	7
第一節 調查地區	7
第二節 調查方法	9
第三章 調查結果	17
第一節 物種普查	17
第二節 設定採集	19
第三節 穿越線夜間定量取樣	24
第四章 討論	33
第一節 墾丁國家公園螢火蟲種類	33
第二節 國家公園內之螢火蟲物候	36
第三節 優勢物種：端黑螢與黃肩脈翅螢的分布與族群動態	40
第四節 調查方式之效能	41
第五章 結論與建議	43
第一節 結論	43

第二節 建議	43
附錄一 屏東縣春日鄉大漢山螢科甲蟲名錄	47
附錄二 台東縣卑南鄉利嘉林道螢科甲蟲名錄	49
附錄三 墾丁國家公園螢火蟲雄蟲檢索表	51
附錄四 服務企劃書評審會議紀錄	53
附錄五 期中審查會議紀錄	59
附錄六 期末審查會議紀錄	63
參考文獻	69

•

表次

表 1-1、文獻中曾紀錄於墾丁國家公園內或鄰近地區的螢火蟲種類名錄……	6
表 2-1、本計畫之夜間穿越線地點與調查日期……	12
表 2-2、本計畫之設定採集陷阱設置地點與啟用日期……	15
表 3-1、本計畫確認之墾丁國家公園螢火蟲名錄與分佈……	18
表 3-2、本計畫之設定採集調查結果(2009/3/24~12/20)……	21
表 4-1、墾丁國家公園內螢火蟲種類成蟲出現期(2009 年 3~12 月)……	39

圖次

圖 1-1、黃肩脈翅螢的正模式標本(A)與姬脈翅螢的總模式標本(B)	3
圖 2-1、本計畫選定之設定採集地點與穿越線分布圖	8
圖 2-2、本計畫使用的三種設定採集陷阱：飛行攔截網(A)、馬氏網(B)、 三用網(C)	14
圖 3-1、各穿越線定量採樣中端黑螢與黃肩脈翅螢之族群月份變化：萬里 得山(A)、南仁山(B)、分水嶺(C)	27
圖 3-2、各穿越線定量採樣中端黑螢兩性數量月份變化：萬里得山(A)、南 仁山(B)、分水嶺(C)	29
圖 3-3、各穿越線定量採樣中黃肩脈翅螢兩性數量月份變化：萬里得山 (A)、南仁山(B)、分水嶺(C)	31
圖 3-4、山窗螢雄蟲數量在三條穿越線上之月份變化	32

摘 要

關鍵詞：螢火蟲、資源、物種普查、物候、保育

一、計畫緣起

螢火蟲乃重要的生態旅遊資源，而國家公園由於環境與物種受到良好的保護而得以保存較高的螢火蟲歧異度。然最近的國家公園螢火蟲普查計畫已是十多年前所進行，墾丁國家公園則從未有完整的螢火蟲野外調查。本計畫主旨在調查墾丁國家公園內之螢火蟲相，包含其物種多樣性、物候學、社群組成與優勢種族群動態。

二、調查方法及過程

除日間非定點隨機採集外，於園區內與邊緣選定 3 條穿越線，並設立 11 座常設性設定採集陷阱，每月進行兩次夜間定量採樣調查與收樣。自 2009/3/8 至 12/20 間共進行 20 次調查。

三、重要發現

1. 在物種普查上，園區內共採得 18 種螢火蟲，包含一種未知的熠螢 *Luciola* sp.。
2. 設定採集使用的三種陷阱都能採得螢火蟲，11 座陷阱共採得 6 種 126 隻，其中飛行攔截網採得的樣本佔絕大部份。以月份而言，四、五與九月的陷阱採獲量較高。以地點而言，九棚、南仁山與豬勞東山是收穫較高的地區。
3. 端黑螢 *Luciola praeusta* Kiesenwetter 為園區內夜行性螢火蟲的優勢種，族群在春季最盛，年中另有兩到三波較短的高峰。黃肩脈翅螢 *Curtos mundulus* (Olivier) 為另一優勢物種，自 4 月中旬後持續出迄今，在春末、初夏與晚秋出現三波高峰，主要發生期在春季，世代間無明顯區隔。冬季優勢物種則為山窗螢。

4. 本計畫根據各類採集結果推估園區內多數種類的物候。恆春半島氣候可分為乾、濕兩季，但東、西兩岸的氣候差異頗大。若以南仁山區來看，乾、濕季對螢火蟲成蟲發生期的影響並不大，反而可能是由於較高的氣溫使得許多種類的發生期明顯較其他地區提早或延長。社頂地區的條背螢則明顯受到濕季降水與乾季的影響。

四、主要建議事項

立即可行建議—編纂解說手冊或網頁

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：園區內各地之社區發展協會

可根據本調查結果開始編纂解說手冊或網頁，圓圈內不僅螢火蟲種類豐富，物候也與台灣多數地區有所差異，是另一個螢火蟲資源的特色。在進行整體解說教育推廣時，可同時強調物種的多樣性與其地區化的特殊性。

立即可行建議—進行解說教育

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：園區內各地之社區發展協會

未來國家公園在的螢火蟲生態解說教育可朝定點、季節化的方向規劃，如選定社頂社區或南仁山保護區內較安全無虞的地點，在螢火蟲發生季節的高峰期進行知螢賞螢的活動。目前評估較佳的賞螢季節在南仁山生態保護區(含豬勞東山、欖仁溪、萬里得、南仁山等地)為四月到七月、十到十一月，社頂則在七到八月。

立即可行建議—與社區合作進行棲地保護與生態監測

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：園區內各地之社區發展協會

在墾丁的螢火蟲種類中，端黑螢、黃肩脈翅螢、山窗螢與條背螢由於發光訊號特殊或相當明亮，且數量不少，以資源而言具有較佳的賞螢價值。前三者目前已知出現在南仁山保護區，而條背螢則出現在社頂到風吹沙一帶。由於後者並非

位於生態保護區，甚至有些是牧地，較易受到人為干擾，在保育上應加注意。希望明年能普查墾丁地區內條背螢的水塘棲地，並結合社區人力與在地優勢協助進行長期而全面的監測與觀察。

中長期建議—保護區內避免鋪設柏油路面或興建水泥排水溝

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：滿州鄉公所、屏東縣政府、公路總局第三區養護工程處

園區內數種螢火蟲的雌蟲是無翅的幼蟲型，遷移能力相當弱，族群的擴散僅能靠幼蟲的移動。車輛來往頻仍的道路使得棲地遭到分割，成為散播障礙。因此國家公園內若要進行道路或是排水溝等工程，需注意當地是否有雌蟲無翅型的螢火蟲種類分布，做出因應之道，以免造成棲地分割片斷化的問題。

ABSTRACT

Keywords: fireflies, resource, species census, phenology, conservation

The object of the present study was to survey the firefly fauna in Kenting National Park, including its species diversity, phenologies, community composition and seasonal dynamics of dominant species. In addition to day-time collecting, biweekly quantitative samplings in the night were made on three transect lines, and 11 installed collecting traps were set up to make long term point-collectings. 20 field surveys were done during 2009/3/8~12/20. A total of 19 firefly species were discovered, including an undetermined *Luciola* species. The installed collecting traps captured six species and 126 individuals in total. Flight interception trap was found more effective and efficient in collecting fireflies than Malaise and SLAM traps were. Traps set in Jiupeng, Mt. Zhulaoshu and Mt. Nanren had better collection than those in the other localities. Among the nocturnal fireflies, *Luciola praeusta* Kiesenwetter was the most dominant species. It was most thriving in the spring but had another two shorter peaks in the other months. *Curtos mundulus* (Olivier) was also abundant. It have occurred since mid April and showed three peaks in late spring, early summer and late fall. *Pyrocoelia praetexta* Olivier was dominant in the winter time. The phenologies for most firefly species in the National Park were estimated based on the results from all survey methods. The obtained results will serve as a reference to the National Park for its firefly resource management and developing companionship with local communities for firefly conservation.

第一章 緒論

第一節 計畫緣起

1984年成立的墾丁國家公園是台灣首座國家公園，位於台灣南端的恆春半島，範圍兼具陸域與海域，其中陸域有18,083.5公頃，約佔園區總面積的54%。區內有高位珊瑚礁、海蝕與崩崖地形、熱帶海岸林、亞熱帶季風雨林、過境猛禽、史前遺址等特殊人文、生態景觀及生物資源。墾丁地區的開發較早，因此對於當地的生物有不少早期的科學性紀錄，且恆春半島的地理位置、地形與氣候都與其他國家公園相差甚遠，且保有台灣少數完整的低海拔原始林，因而孕育相當豐富而獨特的生物相，是研究動、植物生態與生物多樣性的極佳地點。

螢火蟲是螢科(Lampyridae)甲蟲的中文通稱，全世界約有2000餘種的紀錄(Nakane, 1991)。台灣已知種類11屬有54種，尚有一些待發表的種類。螢火蟲的幼蟲為肉食性，多數以蝸牛、蚯蚓等小型無脊椎動物為食，有些也會取食動物的屍骸或同類相食(cannibalism)；幼蟲依據棲息環境，可以區分為陸棲、水棲與半水棲三大類，陸棲種類在土表、土下、朽木或植被上活動，水棲種類生活於溪流或池沼等環境，半水棲種類一般生活在水邊或挺水植物上，入水獵食或避敵(何，1997；陳，1999，2003；何與朱，2002；何與姜，2002；Lloyd, 2002)；生態上成蟲可分為日行性與夜行性兩大類，日行性種類具有較不明顯的發光器，主要依賴化學而非發光訊號來求偶，夜行性種類則反之。部份日行性種類也會在夜間發光，有時被歸為日(晝)夜兩行性(Ohba, 1983, 1997)，而絕大多數夜行性種類則鮮少在日間活動，但有些種類能在天色昏黃時便開始發光飛行，被稱為昏行種類(twilight species)(Lall *et al.*, 1980)。除此外，亦發現有夜間利用發光訊號、日間利用化學訊號求偶的全天活動種類(鄭等，2005)。螢火蟲曾是周遭常見的昆蟲，在東方國家更與人類文化活動關係密切。但是由於環境的開發與污染，過去在農村常見的螢光飛舞景象已不復見(楊，1988；何，1997)。所幸台灣的天然環境中仍保存、孕育著豐富而多樣的螢火蟲，而民眾的環境保護和生態保育意識也與日俱增。近十年來賞螢在台灣已是熱門的生態旅遊主題，藉由賞

螢或相關的科教活動增進了民眾對鄉土資源的重視與關懷，也帶動地方經濟繁榮。

墾丁國家公園的螢火蟲資源相當豐富，自20世紀初期至今近一百年間已記錄超過20種，在本島六個國家公園中僅次於玉山國家公園的25種紀錄，單位面積種類數則僅次於陽明山國家公園(17種/11455公頃)，而相對於其他國家公園來說也具有相當高的特有性(鄭等，1999)。但是由於時空的變遷，加上近廿年來對於台灣全島螢火蟲相的了解越來越深入，部分記錄的種類是否真/仍出現於墾丁國家公園頗有疑問。此外，國內尚無針對特定地區螢火蟲棲群組成(*community composition*)與優勢種族群動態(*population dynamics of dominant species*)做過長期的野外調查。墾丁豐富的螢火蟲資源與特殊的環境條件，提供了這樣的研究條件。本研究乃針對墾丁國家公園的螢火蟲相現況，各地群聚結構與季節動態等生態進行長期而密集的野外調查，並提供國家公園對於螢火蟲資源經營管理與永續利用的參考。

第二節 前人研究

廿世紀初期，日本領台後10年，德國籍的漢斯·紹德(Hans Sauter)於1905年第二度來到台灣，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台灣各地採集動物，特別是昆蟲標本。現今墾丁國家公園境內的港口村(昔稱Kankau)、恆春(昔稱Koshun)、社頂(昔稱Kuraru)都是當時重要的昆蟲採集地。他的採集品或贈送或出售給歐洲各大博物館，而利用這些標本的研究者在1912年之後也多半以“H. Sauter's Formosa- Ausbeute”(『漢斯·紹德的福爾摩沙採集品』)為大標題來發表文章。此類的昆蟲分類報告便達三百多篇，足見紹德對台灣昆蟲分類學的深遠影響(朱，1969，2005)。他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(1911)便根據這些螢火蟲標本發表了許多的新種，如紋胸黑翅螢(*Luciola filiformis* Olivier)、姬脈翅螢(*Curtos impolitus* Olivier)、黃肩脈翅螢(*C. mundulus* Olivier)的模式標本(*type specimens*)中的全部或是部份便是在港口村採

得的(圖1-1)。Olivier (1911, 1913)共記錄了10種現今屬於墾丁國家公園範圍內的螢火蟲種類。1914年歐戰爆發後，德國與英日兩國敵對，Sauter因而遭到英商解僱，並受到日本政府監視，故而中止了在台灣的採集活動(朱，2005)。

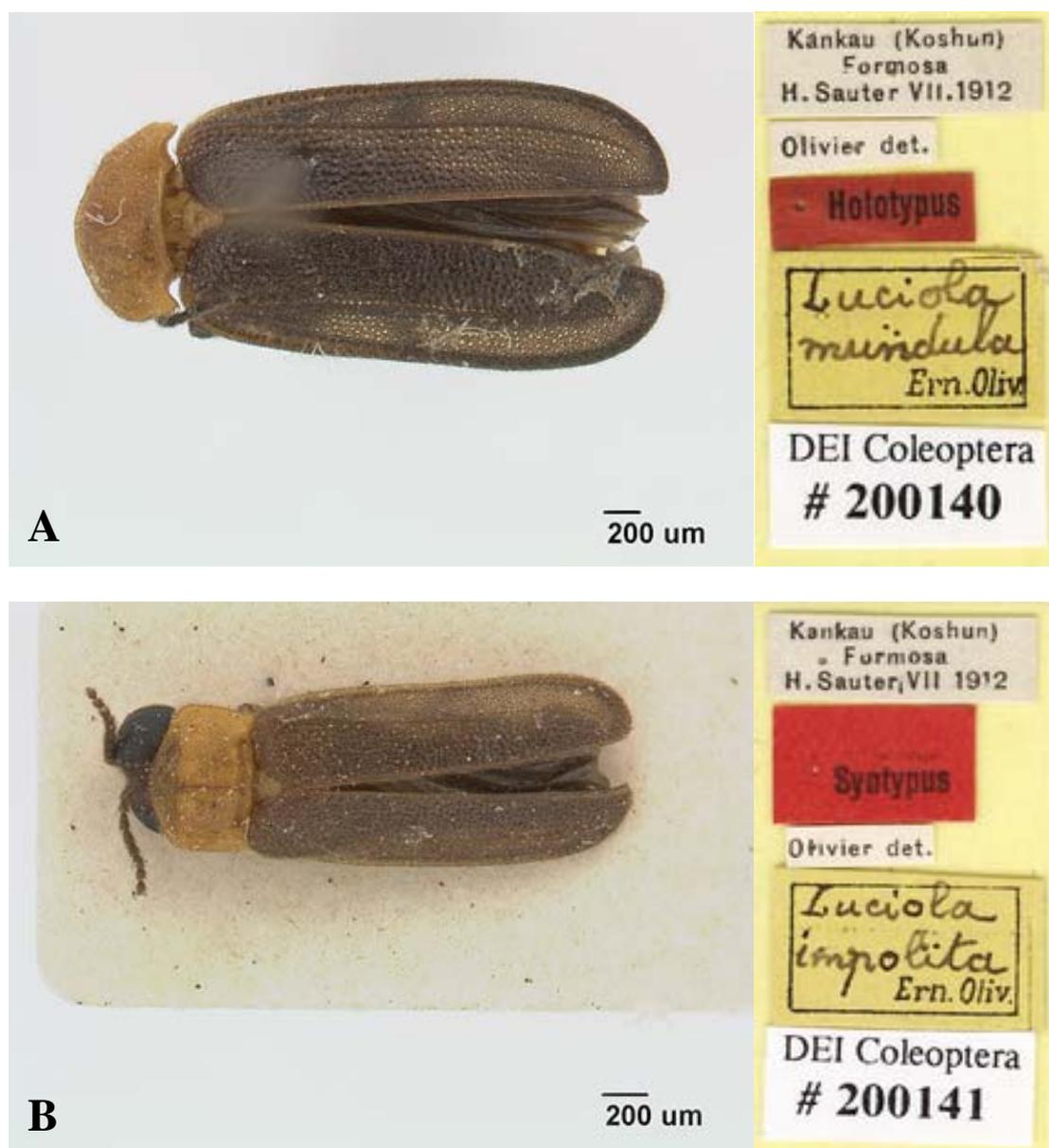


圖 1-1、黃肩脈翅螢的正模式標本(holotype) (A)與姬脈翅螢的總模式標本(syntype) (B)是德籍採集家 Hans Sauter 在 1912 年 8 月採自恆春(Koshun)的港口 (Kankau)，之後由法籍學者 Ernst Olivier 於 1913 年發表。標本現存於德意志昆蟲研究所(DEI)。

(資料來源與版權：國立科學自然科學博館)

1910與30年代陸續有日本學者投入台灣的螢火蟲研究，如松村松年(S. Matsumura)、鹿野忠雄(T. Kano)、岡田要(Y. Okada)、三輪勇四郎(Y. Miwa)等(Matsumura, 1918; 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，但是除了Miwa (1931)額外記錄了黃帶熠螢*Luciola ovalis* (Hope)與卵翅櫛角螢*Vesta rufiventris* (Motschulsky)於恆春外，其餘報告中採自墾丁周邊的種類不脫Olivier (1911, 1913)的記錄。二次大戰末期至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Pic(1944)年描述一個新種*Vesta formosana* Pic(現為黑腹櫛角螢*V. scutellonigra* Olivier的同物異名，Jeng *et al.*, 2007)。

1960-70年代，日本學者中根猛彥(T. Nakane)發表了許多分布於台灣中、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, 1967, 1977)，但是無一採自墾丁周邊。1980年代，國內生態保育意識抬頭，國家公園陸續成立，開啟國人自力研究的風潮。在墾丁國家公園成立之初，林(1984)曾提供中華熠螢*Luciola chinensis* (L.)的分佈紀錄，但沒有更進一步資料。朱等(1988)調查採集到園區內四種八隻螢火蟲，但未鑑定至種；其他有關園區內的昆蟲相調查計畫，如陳(1985)、朱等(1986)與楊等(1991)皆未記錄螢火蟲。

1990年代中期之後台灣本土的螢火蟲分類學與生態學研究逐漸興起，螢火蟲的調查始得較具突破性的發展。陳(1997, 2003)以及何與朱(2002)出版專書，全面地介紹台灣的四十餘種螢火蟲；鄭等(1999)以國內標本館之標本檢查、文獻回顧，以及野外調查等方式，整理了當時台灣六座國家公園的螢火蟲相，比較分析各國家公園螢火蟲相的差異，並探討環境因子對分布的影響等議題。當中墾丁國家公園共記錄有8屬18種以及2個有疑問的種類，僅次於玉山國家公園的25種，而墾丁的螢火蟲中未見於其他國家公園的種數多達8種，則是所有國家公園中特有比例最高的，這可能跟墾丁的緯度和海拔與其他國家公園差異較大有關。楊等(1999)提及黃緣螢*Luciola ficta* Olivier在園區內出現，但究竟屬於原生或人為引進則持保留態度。張等(2000)調查了南仁山長期生態研究永久樣區內的螢火蟲種類，共記錄6屬10種，新增了赤腹櫛角螢*Vesta impressicollis* Fairmaire與紅胸黑翅螢*Luciola kagiana* Matsumura兩種。何與朱(2002)名列一些在墾丁森林遊

樂區、社頂公園、南仁山生態保護區、與恆春生態農場出現的螢火蟲，其中的褐頭脈翅螢*Curtos fulvocapitalis* Jeng and Satô和小紅胸黑翅螢*Luciola satoi* Jeng and Yang為新紀錄種類。陳(2007)在介紹高屏地區螢火蟲資源的專書中，列舉了墾丁森林遊樂區內的螢火蟲，種類不脫之前文獻紀錄的範圍。

值得一提的是，Matsumura(1918)年稱*Luciola ovalis*日文漢字名稱為黃緣螢，在1990年代常與現在認知的黃緣螢(*Luciola ficta* Olivier)有所混淆，因此賴等(1998)將*L. ovalis*稱為黃帶熠螢，而維持*L. ficta*的中文名為黃緣螢。黃帶熠螢的分布偏熱帶地區，如海南島、東南亞等地，在台灣的分布頗有疑問，經過多年野外調查與博物館標本檢查，並未在台灣發現，故Jeng *et al.* (2003a)已將其排除於台灣螢火蟲之外，最近該種已被轉移至一個新成立的屬，學名改為*Asymmetricata ovalis* (見Ballanyne and Lambkin, 2009)。至於中華熠螢，由原始文獻之描述可得知為黃色黑端的種類。但是由於發表時間很早(Linnaeus, 1767)，描述簡略，且未留下實體標本，而學名雖反映該種採自中國，但是並未詳述何處(文獻中陳述之模式標本產地是”Afia”(Asia之誤)。這類黃色黑端的熠螢在亞洲至少有十多種，後續作者對該名字應對應哪個物種的認知莫衷一是，因此幾乎難以確認其真實身分。林(1984)所記錄的中華熠螢有可能是墾丁國家公園的任何一種黃色黑端的螢火蟲，故先將之排除。表1-1整理迄今文獻中曾紀錄於墾丁國家公園內與周邊地區的螢火蟲物種，扣除黃帶熠螢與中華熠螢後共計26種，亦是本計畫所要再確認是否分布於墾丁國家公園的物種。

至於物種的物候研究，鄭等(1997)曾整理當時台灣六座國家公園的螢火蟲種類物候，但是是以整個台灣為尺度，而未針對特定地區去分析特定物種的物候。張等(2000)記錄了南仁山永久樣區的螢火蟲種類的出現月份。何與朱(2002)列舉南仁山與墾丁森林遊樂區的代表性物種，大端黑螢與端黑螢的賞螢季節，主要集中在春末到夏季。陳(2003)以1998年在南仁山進行的每月調查結果，以示意圖說明端黑螢、紅胸黑翅螢、山窗螢的物候，並比較台灣其他地區同種類物候的差異，其中端黑螢為終年發生，台灣其他地區則限於春、夏季；山窗螢在南仁山的發生期(8~12月)也較其他地區的族群集中於晚秋到冬季(10~12月)為長。

表 1-1、文獻中曾紀錄於墾丁國家公園內或鄰近地區¹的螢火蟲種類名錄

中名	種名	文獻來源
1 奧氏弩螢	<i>Drilaster olivieri</i> (Pic)	鄭等(1999)
2 紅弩螢	<i>Drilaster purpureicollis</i> (Pic)	鄭等(1999)
3 洛氏弩螢	<i>Drilaster rollei</i> (Pic)	鄭等(1999)
4 黃弩螢	<i>Drilaster</i> sp. B.	鄭等(1999)
5 雙色垂鬚螢	<i>Stenocladus bicoloripes</i> Pic	鄭等(1999), 張等(2000)
6 大端黑螢	<i>Luciola anceyi</i> Olivier	Olivier(1913), 鄭等(1999), 張等(2000), 何與朱(2002)
7 黑翅螢	<i>Luciola cerata</i> Olivier	Olivier(1913), Okada(1931), 鄭等(1999)
8 黃緣螢	<i>Luciola ficta</i> Olivier	楊等(1999?) ² , 何與朱(2002)
9 紋胸黑翅螢	<i>Luciola filiformis</i> Olivier	Olivier(1913), Okada(1931), 鄭等(1999), 張等(2000), 何與朱(2002)
10 紅胸黑翅螢	<i>Luciola kagiana</i> Matsumura	張等(2000), 陳(2003)
11 端黑螢	<i>Luciola praeusta</i> Kiesenwetter	Olivier(1913), Okada(1931), 陳(1997), 鄭等(1999), 張等(2000), 何與朱(2002), 陳(2003)
12 小紅胸黑翅螢	<i>Luciola satoi</i> Jeng et Yang	何與朱(2002)
13 條背螢	<i>Luciola substriata</i> Gorham	Olivier(1913), Okada(1931), 鄭等(1999)
14 黃脈翅螢	<i>Curtos costipennis</i> (Gorham)	鄭等(1999)
15 褐頭脈翅螢	<i>Curtos fulvocapitalis</i> Jeng and Satô	何與朱(2002), 陳(2007)
16 姬脈翅螢	<i>Curtos impolitus</i> (Olivier)	Olivier(1913), Okada(1931), 鄭等(1999), 何與朱(2002)
17 黃肩脈翅螢	<i>Curtos mundulus</i> (Olivier)	Olivier(1913), Matsumura(1918), Okada(1931), 陳(1997), 鄭等(1999)
18 橙螢	<i>Diaphanes citrinus</i> Olivier	張等(2000), 何與朱(2002)
19 蓬萊短角窗螢	<i>Diaphanes formosus</i> Olivier	Olivier(1913), Okada(1931), 鄭等(1999), 張等(2000), 何與朱(2002)
20 大陸窗螢	<i>Pyrocoelia analis</i> (F.)	鄭等(1999), 楊等(1999), 何與朱(2002)
21 紅胸窗螢	<i>Pyrocoelia formosana</i> Olivier	鄭等(1999), 張等(2000), 何與朱(2002)
22 山窗螢	<i>Pyrocoelia praetexta</i> Olivier	陳(1997), 鄭等(1999), 張等(2000), 何與朱(2002), 陳(2003)
23 雲南扁螢	<i>Lamprigera yunnana</i> (Fairmaire)	Olivier(1913), Kano(1930), Okada(1931), 鄭等(1999), 楊等(1999), 張等(2000), 何與朱(2002)
24 赤腹櫛角螢	<i>Vesta impressicollis</i> Fairmaire	張等(2000)
25 卵翅櫛角螢	<i>Vesta rufiventris</i> (Motschulsky)	Miwa(1931), 鄭等(1999?)
26 黑腹櫛角螢	<i>Vesta scutellonigra</i> Olivier	Olivier(1911), Okada(1931), 鄭等(1999), 楊等(1999)

1. 包含恆春、墾丁森林遊樂區與九棚。

2. 文獻年代後帶有”?”表示該作者不確定該紀錄是否正確或懷疑為引入種類。

(資料來源：本調查資料)

第二章 調查方法

第一節 調查地區

1. 園區內與周邊：

分為重點調查與一般調查地區，前者主要針對南仁山生態保護區，包含豬勞(老)東山、滿州山、萬里得山、南仁山、九棚南仁灣等地，計設有兩條穿越線(transect line)及9座設定採集(installed collecting)之各類陷阱。在國家公園東北界外圍的分水嶺附近，亦選定一條穿越線和設定採集陷阱一座。一般調查區中，目前調查過龍鑾潭、水泉-關山一線，佳洛水、屏 169 縣道路底 6-7K 段、社頂社區與公園、社頂-風吹砂一線、香蕉灣、三台山等地，社頂自然公園並設有一座設定採集陷阱。各穿越線與設定採集地點分布圖見圖 2-1。

園區內的墾丁森林遊樂區開放時間由於遊客眾多，不便於日間進行調查，而夜間調查地點眾多但時間有限，且車輛出入當地不便，故本計劃並未對當地進行野外調查，改以博物館標本檢查整理當地種類名錄。國立自然科學博物館於森林遊樂區內棲猿崖與榕樹試驗區附近設有兩座長期定置的馬氏網陷阱(Malaise trap)，於 2005~2007 年間進行了三年的採集，每一到兩個月收樣一次，將所有採集樣品製成針插標本存放於科博館昆蟲標本蒐藏庫。其採集樣品可供做當地螢科確實紀錄的參考。

2. 園區外之參考點：

雖然不少文獻中列舉了一些地區的螢火蟲種類，但是鮮少有完整的普查，因此難與墾丁國家公園的物種與物候做全面的比較。目前台灣本土六座國家公園的螢火蟲相有較完整的普查紀錄，當中的玉山國家公園乃地理上最接近墾丁的國家公園，但是螢火蟲種類和物候卻與後者有相當差別(鄭等(1999))。因此在計畫書中預計選定一到二個參考點，目的乃在玉山國家公園與墾丁國家公園之間找出較鄰近後者，而可提供物種組成和物候參考的地點，以了解一些物種在墾丁的出現或從缺是否受到緯度與海拔的影響。若有不確定分布於墾丁之種類，參考點的螢火蟲相也可以做為判斷依據之一。



圖 2-1、本計畫選定之設定採集地點與穿越線分布圖。縮寫：FIT-1~8: 飛行攔截網(共 8 座)；Malaise: 馬氏網(1 座)；SLAM-1~2: 三用網(2 座)；TR-1~3: 穿越線(3 條)。代碼末端若帶有(1)，代表該陷阱第一次遷移後的位置，數字意義依此類推。(地圖來源：google map)

(資料來源：本調查資料)

五月時選定屏東縣春日鄉的大漢山林道 18~24K 為第一參考點。當地位於中央山脈末端，海拔 1500~1700 公尺，與南仁山的直線距離約 40 公里，23.5K 處起為浸水營野生動物重要棲息環境，有浸水營古道通往台東大武。夏季常於午後起霧，濕潤多雨，而冬季與初春則有強烈的東北季風吹拂。挑選此一地點主要考量為海拔因子與墾丁相去甚遠而冬季東北季風卻又相似，因此藉由兩地螢火蟲相的差異，可以看到這兩個因子對墾丁螢火蟲種類組成的關聯性。我們不定期於南下途中前往調查，每次停留一晝夜進行定性採集。八月莫拉克颱風造成大漢林道 22K 中斷，汽車無法通行，迄今尚未完全修復，調查也隨之中斷。大漢山當地目前已知的螢火蟲種類見附錄一。

第二個參考點選定台東縣卑南鄉的利嘉林道 0~21K，海拔 50~1400 公尺，與南仁山的直線距離約 100 公里。林道全長 49 公里，15K 開始進入利嘉野生動物重要棲息環境，21K 處道路崩塌無法再深入。當地已在北回歸線以南，屬於熱帶氣候。2002、2003 與 2008 年間我們數度與「利嘉林道發展協會」合作，調查太平溪與林道 0~21K 的螢火蟲(利嘉林道發展協會 2005~2008)，而 2005 年則有林務局委託台東永續發展協會執行 0~13K 的調查(趙仁方 2005)，因此當地種類調查紀錄尚稱完整。挑選此一地點，主要考量為經度的差別(東、西台灣)，且當地有從平地到一千多公尺的調查紀錄，可以比較種類組成在垂直(海拔)分布上的差異。利嘉當地的螢火蟲種類見附錄二。

第二節 調查方法

野外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。三者共同任務之一是物種普查(species census)，目標是建立完整的物種名錄；各種調查方法也具有其特定目的：日間採集以調查各地日行性種類為主，也是蒐集物種物候(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社群(community)組成與動態，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，因此對判斷物候與地區種類記錄具有重要的輔助功能。

本計畫之野外調查每月進行兩次，每次 3-5 日(至少 3 夜)，每次 2~4 人。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。設定採集之標本以每 10 至 20 天的間隔收集，並記錄結果。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，因此研究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，很少能一次採得大筆數量，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：

自二月底開始勘查多條國家公園園區內的步徑或產業道路，在三月上旬選定萬里得山穿越線、三月底選定分水嶺穿越線，四月中旬決定南仁山穿越線。此後每次調查皆涵蓋以上三條穿越線，每晚調查一條路線，進行定量採樣。各穿越線之座標與調查日期如表 2-1 所示。三條穿越線皆為泥土路面，路寬 1~5 公尺，無路燈干擾。其他環境概述如下：

- (1) 萬里得山：位於萬里得山山腳，為溪谷腹地與邊坡。步徑沿山腹開闢，末段緩降至溪床，兩側是由東/南(左岸)向西/北(右岸)傾斜之坡地，西/北坡多半已開闢為檳榔園，天際開闊，因此月昇時夜空相當明亮。東/南坡則保留完整的闊葉樹林，鬱閉度高。至溪床附近，被闊葉樹林圍繞，鬱閉度亦高，對岸則為天際較開闊之檳榔園。八月上旬莫拉克(Morakot)颱風的豪雨造成萬里得登山路徑叉路入口附近道路坍塌下陷，車輛無法進入，需步行約 10 分鐘抵達穿越線起點。穿越線起點之後約 60 公尺處路基掏空，水泥路面塌陷約 5 公尺長；另外在通往終點溪流腹地的邊坡土路路基流失約 20 公尺，最窄處僅容一人通過，迄今尚未修復。

- (2) 南仁山：位於南仁湖步道約 0.9~1.1K 段，位於巴沙加魯溪的右岸，面向南仁湖方向的步道左側有兩條溪溝匯流，冬季與春季時為乾溝，雨季時有水。步道由西南向東北緩昇，兩側皆為闊葉樹林，鬱閉度高。由於東南側有南仁山山勢屏障，月昇時對照度影響較小。南山路在莫拉克颱風中受創嚴重，0.8K 處邊坡走山，形成長約 20 公尺的崩塌地，道路完全流失，原本的人行木棧道全毀，影響出入安全。穿越線本身則無太大影響。多數道路缺口多已在 10 月修復，11 月下旬 0.8K 處也已完成木棧道之架設，可通行人與機車。
- (3) 分水嶺叉路：路口位於 200 號縣道 24.8K 附近的彎道，為農用所開闢的路徑。道路一路下坡至九棚溪谷，坡面由北向南傾斜。兩側植被多為向陽坡地之先驅植物，如相思樹等。調查路段為路口至第五彎道前。步道面對溪谷方向之左側(東/北)的植被鬱閉度較右側(西/南)高，月昇時照度受影響較小，但昇至樹梢時則相當明亮。莫拉克颱風使得 200 號縣道多處坍塌，穿越線入口西側之 200 號縣道邊坡走山，道路坍塌約 80 公尺。在修路過程中，原本穿越線入口處的草地被堆置廢土，影響到該處採樣，因此將採集範圍由路口延伸到 200 號縣道左右各約 20 公尺處。

調查人員在天黑前抵達穿越線起點，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，並測量當時的溫度、相對濕度與光照度(分為林下與步徑中央光照度，約胸部高度)。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，由兩名固定的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。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，則在步徑中央光照度降至 0.1 lux 時開始起算；第二段則在整理完第一段樣本後接續進行。兩段採集的目地，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 與 3 公尺，網框直徑 60 公分)為主，也撿拾地面或葉面上可見發光個體。第一段時間採得的個體先以容器保存而不釋放，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。

由於夜行性螢火蟲的活動受到外在光照的影響，月光太亮會影響其活動與調查的正確性，因此調查時間之排定以農曆為考量，避免在日落前後便月昇的日期(夏季約在農曆每月初七到十三，中秋後約在初五至十一)進行(見表 2-1)。

表 2-1、本計畫之夜間穿越線地點與調查日期

穿越線	萬里得山 ¹		分水嶺叉路 ²		南仁山南山路 ³	
東經 ⁴	22° 04' 41.1"		22° 06' 10.0"		22° 05' 10.2"	
北緯 ⁴	120° 50' 20.4"		120° 50' 43.7"		120° 50' 32.0"	
海拔(m) ⁴	187		165		188	
長度(m)	250		200		150	
調查日期 (農曆日期)						
三月	3/8 (2/12)	3/24 (2/28)	-	3/30 (3/04)	-	
四月	4/16 (3/21)	5/01 (4/07)	4/17 (3/22)	4/30 (4/6)	4/18 (3/23)	4/28 (4/04)
五月	5/13 (4/19)	5/29 (5/06)	5/14 (4/20)	5/26 (5/03)	5/16 (4/22)	5/28 (5/05)
六月	6/10 (5/18)	6/20 (5/28)	6/09 (5/17)	6/22 (5/30)	6/08 (5/16)	6/21 (5/29)
七月	7/14 (5/22)	7/27 (6/06)	7/11 (5/19)	7/30 (6/09)	- ⁵	7/28 (6/07)
八月	8/15 (6/25)	8/31 (7/12)	8/14 (6/24)	8/29 (7/10)	8/16 (6/26)	8/30 (7/11)
九月	9/14 (7/26)	9/25 (8/07)	9/12 (7/24)	- ⁵	9/13 (7/25)	9/26 (8/08)
十月	10/10 (8/22)	10/25 (9/08)	10/09 (8/21)	10/24 (9/07)	10/11 (8/23)	10/26 (9/09)
十一月	11/08 (9/22)	11/23 (10/07)	11/07 (9/21)	11/21 (10/05)	11/09 (9/23)	11/22 (10/06)
十二月	12/06 (10/20)	12/19 (11/04)	12/04 (10/18)	12/18 (11/03)	12/05 (10/19)	12/20 (11/05)

1: 定位點位於穿越線中段

2: 定位點為 200 號縣道叉路路口，穿越線北端起點

3: 定位點為穿越線南端起點往北約 30 公尺

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

5. 因大雨停止。

(資料來源：本調查資料)

除一般採樣外，我們在十月下旬與十一月上旬的調查中針對優勢種類進行了標記釋放再捕(marking recapture)，以不同穿越線與日期為別，用油漆筆在翅鞘不同位置標記後釋放，於兩周後的採樣中檢查是否回收到標記個體，以估計族群數量與成蟲壽命。十二月上旬在南仁山與萬里得穿越線針對山窗螢再度進行標記釋放再捕。

3. 設定採集：

前使用三類陷阱，包含飛行攔截網(Flight interception trap，縮寫為 FIT)、馬氏網(MegaView® traditional Malaise trap)與三用網(MegaView® sea-land-air Malaise trap (SLAM trap))。各設定採集陷阱之座標與調查日期如表 2-2 所示。

(1) 飛行攔截網(圖 2-2A)：主要採集飛行中撞擊陷阱網面而落入收集器中的昆蟲。陷阱為自製，由網面、底座與頂棚三部分組成。網面乃以無色透明 PVC 塑膠布組成十字交叉的四面網，每面寬 x 高為 0.6 x 1.2 平方公尺，網底離地約 10~15 公分，四端以 1.6 公尺高之不鏽鋼管綁繩固定；底座以角鋼組成十字框架，並將各端點與中央架高，以適用於不平整地形；框架中安置五個塑膠方盆(四臂與中央位置各一)，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 混和之溶液注入方盆內至約 4 分滿。丙二醇本身為低毒性的防腐劑，與水或乙醇完全可溶，密度大而濃稠，除具有防腐功能外也能降低溶液揮發速率，讓溶液維持較長時間的效果。飛行攔截網上以不透明之帆布遮蓋做為頂篷，以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。自三月下旬起陸續在南仁山生態保護區、國家公園東北邊緣外的太平山的溪谷、社頂自然公園周邊等地設置 8 座飛行攔截網。所有飛行攔截網在莫拉克颱風中受到不同程度破壞，多數在八月下旬於原地或附近重建，FIT-4(2)則遲至九月上旬南山路通行安全無虞後重建。

(2) 馬氏網(圖 2-2B)：主要採集飛行或爬行中觸及網面後會向上攀爬，最終落入頂端收集器中的昆蟲。本研究使用博視公司(MegaView)的產品，特色為黑網白頂。收集器中注入 95% 酒精殺蟲並保存。三月下旬在滿州山—豬勞東山鞍

部設置一座迄今。馬氏網在莫拉克颱風中未遭到破壞。

- (3) 三用網(圖 2-2C)：為博視公司自行開發的產品，採集昆蟲的原理與對象與馬氏網類似，但改良為衛星帳篷式的設計以方便架設，網面則類似上述飛行攔截網之十字交叉四面網，每面之寬 x 高為 0.5x0.8 平方公尺。五月中旬起在南仁山南山路 0.3K 處設置兩座，其中的 SLAM-1 於七月底遷移至 3.2K 處 (SLAM-1(1))。莫拉克颱風造成南山路出入困難，九月上旬入內檢查發現 SLAM-1(1) 骨架折斷，陷阱倒塌且蒐集瓶傾倒，標本流失損毀。網具帶回修復後於九月下旬於 3.2K 重建。

設定採集陷阱每隔 10~20 日收集樣本一次，現地挑出其中的螢火蟲標本，存放於裝填 95% 乙醇溶液之 20ml 玻璃瓶，並記錄各陷阱每次搜集到的螢火蟲。其餘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，攜回國立科學自然博物館製成標本保存管理。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，約每月全部更換一次，若遇大雨濺土或大量落葉使得溶液渾濁變色，則廢棄原溶液，以溪水或清水清洗塑膠盆後更換新溶液。馬氏網與三用網則於每次收集時更換新溶液。



圖 2-2、本計畫使用的三種設定採集陷阱：自製飛行攔截網(A)、博視公司 MegaView 製馬氏網(B)、MegaView 製三用網(C)

(資料來源：A 為本調查資料，B、C 為博視公司產品檔案照片)

表 2-2、本計畫之設定採集陷阱設置地點與啟用日期

陷阱 ¹	FIT-1	FIT-2	FIT-3	FIT-3(1) ²	FIT-4	FIT-4(1)	FIT-4(2)	FIT-5	FIT-6	FIT-7	FIT-8
地理位置	200 縣道 九棚前叉路	南仁灣 警局前叉路	社頂公園 公路 2K 旁	社頂公園 公路 2K 旁	南仁山 南山路 1.4K	南仁山 0.3K 叉路	南仁山 3.2K 叉路	豬勞東山 169 線 3.7K	南仁山 0.8K 旁	南仁山 0.3K 叉路	豬勞東山 169 線 2.4K
東經 ²	22-06-18.1	22-05-21.6	21-56-51.9	21-56-51.6	22-05-17.3	22-04-56.6	22-05-08.3	22-01-09.3	22-05-10.6	22-04-57.2	22-01-11.2
北緯 ²	120-51-22.4	120-53-28.6	120-49-24.6	120-49-23.0	120-50-38.1	120-50-16.1	120-51-21.4	120-51-42.4	120-50-32.5	120-50-15.7	120-51-21.1
高度(m)	60	24	174	190	211	161	317	204	200	165	126
啟用日期 ³	3/24(8/17)	3/24(8/17)	3/25	8/16	3/31	5/17	7/29(9/13)	4/1(8/16)	4/29(8/16)	5/16(8/16)	6/10(8/16)

陷阱 Malaise SLAM-1 SLAM-1(1) SLAM-2

地理位置	豬勞東山一 滿州山鞍部	南仁山 0.3K 叉路	南仁山 3.2K 叉路	南仁山 0.3K 叉路
東經	22-01-31.9	22-04-56.4	22-05-08.2	22-04-56.4
北緯	120-51-44.6	120-50-15.9	120-51-21.4	120-50-16.3
高度(m)	192	159	316	161
啟用日期	3/25	5/16	7/29(9/26)	5/16(8/16)

1. 陷阱代碼或縮寫：FIT-1~8 飛行攔截網(flight interception trap)；Malaise 馬氏網(Malaise trap)；SLAM-1~2 博視公司(Megaview)開發之三用網(Sea-land-air Malaise trap)。

代碼末端的(N)代表該陷阱在遷移第 N 次後的新位置。

2. TWD97(= WGS84)座標系統，使用 Garmin GPS 定位之度-分-秒座標。

3. 除馬氏網外，其餘陷阱皆於 8 月初的莫拉克颱風中受損失能，括弧內日期代表於 8 月中旬或 9 月下旬修復或重建。

(資料來源：本調查資料)

第三章 調查結果

第一節 物種普查

於 2009/2/28~2009/12/20 間的調查中共發現 8 屬 18 種螢火蟲，若加上科博館所藏採自墾丁森林遊樂區的標本，則有 8 屬 19 種。這些種類中有 7 種是台灣特有種，另有 2 種分類地位尚不確定。物種名錄、來源/採得方式與分佈見表 3-1。

經重新鑑定，鄭等(1999)記錄的小紅弩螢(*Drilaster rollei* (Pic))實際上是一種尚未確定的種類，中名暫稱為黑楯紅弩螢，而黃弩螢(*Drilaster* sp. B)則是同一種類之標本褪色所造成。經最近十年的分類研究，過去紀錄的部份種類在學名上有所變動(Jeng *et al.*, 1999, 2003a, 2007)，其舊名以括弧方式列於表 3-1 的學名之後，以便與先前文獻比對。另於萬里得山穿越線發現一種尚未發現於台灣其他地區的端黑類熠螢，暫稱為黃頭端黑螢(*Luciola* sp.)。

野外調查確認的 18 種中有 8 屬 16 種可在重點調查區內發現(表 3-1)，其中除大端黑螢、紅胸窗螢外，其餘種類皆有成蟲的採樣紀錄。大端黑螢和紅胸窗螢在南山路 2.7K 附近發現過幼蟲，而紅胸窗螢幼蟲亦見於九棚南仁鼻港附近。至於一般調查區，目前僅在社頂社區附近、社頂往風吹沙之間的便道、與屏 169 縣道路底有發現螢火蟲，已採得的有黑楯紅弩螢、黑腹櫛角螢、條背螢、紅胸黑翅螢、端黑螢、黃肩脈翅螢、姬脈翅螢、山窗螢共 8 種螢火蟲，其中的姬脈翅螢與條背螢發現於社頂公園與社區附近，未見於南仁山保護區，而屏 169 縣道路底發現的種類則與南仁山保護區者類似。其餘地點如龍鑾潭、水泉、關山、佳洛水等地經過 1~3 次的逢機調查並未發現任何螢火蟲。

科博館在墾丁森林遊樂區利用馬氏網所採集與蒐藏的標本中，共發現 6 屬 8 種螢火蟲，其中的奧氏弩螢目前僅見於此，標本數量較黑楯紅弩螢為少，尚未於野外調查中發現。朱等(1988)調查中記錄 4 種螢火蟲，經檢視其存放於社頂工作站的標本後，鑑定為條背螢、黃肩脈翅螢、黑腹櫛角螢與雙色垂鬚螢。該計畫的 2000 餘件昆蟲標本已於 2009 年夏天捐贈給科博館。

表 3-1、本計畫確認之墾丁國家公園螢火蟲名錄與分佈

中名	種名	重點調查地區					一般調查區	
		南仁山	萬里得山	糖寮東山	分水嶺~九棚	社頂~風吹砂	墾丁森林遊樂區	
奧氏穹螢*1	<i>Drilaster olivieri</i> (Pic)							S
黑糖紅穹螢?	<i>Drilaster</i> sp. (= <i>Drilaster rollei</i> 與 <i>Drilaster</i> sp. B: 鄭等, 1999)	D/I/S ²	D	D/I	D/I	D/I		S
雙色垂鬚螢*	<i>Stenocladus bicoloripes</i> Pic	D	D	D				S
紋胸黑翅螢	<i>Luciola filiformis</i> Olivier	N	N					S
紅胸黑翅螢*	<i>Luciola kagitana</i> Matsumura	N	N	N	N			S
端黑螢	<i>Luciola praeusta</i> Kiesenwetter (= <i>L. gorhami</i> : 鄭等, 1999)	D/I/N	N	D/I/N	D/I/N			S
大端黑螢	<i>Luciola anceyi</i> Olivier (幼蟲)	N						
條背螢	<i>Luciola substriata</i> Gorham						N	
黃頭端黑螢?	<i>Luciola</i> sp.	I/N	N					
黃脈翅螢	<i>Curtos costipennis</i> (Gorham)		N		I/N			
姬脈翅螢*	<i>Curtos impolitus</i> (Olivier)		N				N	
褐頭脈翅螢*	<i>Curtos fulvocapitalis</i> Jeng and Sató		N					
黃肩脈翅螢*	<i>Curtos mundulus</i> (Olivier)	I/N	N	I/N	I/N			
蓬萊短角窗螢	<i>Diaphanes formosus</i> Olivier	D/N	N	N				S
橙螢	<i>Diaphanes citrinus</i> Olivier	N	N					
山窗螢	<i>Pyrocoelia praetexta</i> Olivier (= <i>Lychmuris praetexta</i> : 鄭等, 1999)	N	N	N	N			
紅胸窗螢	<i>Pyrocoelia formosana</i> Olivier (= <i>Lychmuris formosana</i> : 鄭等, 1999)	N			N			
雲南扁窗螢	<i>Lamprigera yunnana</i> (Fairmaire)	I/N	N	I	N		N	S
黑腹柳角螢*	<i>Vesta scutellonigra</i> Olivier (= <i>Vesta chevrolati</i> (Laporte): 鄭等, 1999)	D/I	D/I/N	D/I/N	D/I		D/I	S

1. *為台灣特有種, ? 則不確定是否為特有種。

2. D:日間採集; I: 設定採集; N: 夜間採集; S: 博物館標本檢查。

(資料來源: 本調查資料)

另於科博館的蒐藏中，發現一隻由日本學者在 1968 年採自墾丁公園的黑翅螢雌蟲標本，然本計畫密集的野外取樣並未發現黑翅螢的蹤跡。文獻紀錄中的黃緣螢、小紅胸黑翅螢、大陸窗螢、赤腹櫛角螢與卵翅櫛角螢亦無所獲。

第二節 設定採集

自 2009/3/24~2009/12/20 為止，園區內設置的固定陷阱共採得 6 種 126 隻螢火蟲。各陷阱歷次收樣結果見表 3-2。

以種類組成與分布來看，6 種螢火蟲包含日行性 2 種與夜行性 4 種。日行性的黑腹櫛角螢在 3/24~4/17 之間採得 9 隻，黑楯紅弩螢則出現於三月到十一月大多數的收樣中。夜行性種類中，黃脈翅螢僅在 5/1 於九棚的採得一隻，雲南扁螢在十二月採得 11 隻，端黑螢與黃肩脈翅螢則自三月至十一月上旬的收樣中多半都有採獲。數量上，端黑螢與黑楯紅弩螢都超過 45 隻，是最多的兩種螢火蟲，許多陷阱都有採得；黃肩脈翅螢共採到 12 隻，主要集中在豬勞東山的 FIT-5 飛行攔截網；雲南扁螢在十二月上旬分別出現在南山路 3.2K 處的 FIT-4(2)飛行攔截網與 SLAM-1(1)三用網，以及豬勞東山的 FIT-5 飛行攔截網，十二月下旬則在南山路 0.3K 的 FIT-7 採得 1 隻。八到十月出現的山窗螢雖然在夜間採集時數量不少，但並未在陷阱中發現。

以種類的成蟲出現高峰來看，端黑螢標本數在初秋的 8/30~9/13 間出現最高峰，7 座陷阱合計 105 天的採樣日中採得 15 隻，日均採獲量約 0.14(隻/日)；春季是另一波高峰，5/1~5/17 間 7 座陷阱合計 119 採樣日採得 7 隻，而 4/1~4/19 間 6 座陷阱合計 114 個採樣日也採得 5 隻，日均採獲量都在 0.04 以上。11 月起的各次收樣中都未發現端黑螢。黑楯紅弩螢從三月到十二月的歷次收樣中大多都有採得，最高峰同樣出現在 8/30~9/13，合計 105 個採樣日採得 7 隻，日均採獲量約 0.07；7/4~7/14 間 11 座陷阱合計 121 個採樣日有 6 隻樣品，4/19~5/1 間 6 座陷阱合計 78 個採樣日採得 4 隻，兩次收樣的日均採獲量各約 0.05。各次收樣中黃肩脈翅螢的波動在 0~3 隻間，沒有特別的高峰。雲南扁螢一直到 12 月初的收

樣中才出現，11/24~12/20 間 11 座陷阱共 297 天的採樣中共採得雲南扁螢 11 隻，其中 10 隻出現於 11/24~12/6 的收樣中，主要集中在南仁山區。黑腹櫛角螢僅出現在三到四月，4/1~19 間 6 座陷阱採得 7 隻是高峰期。

從月分採獲量看，九月份(8/30~9/26)7 座陷阱共採得 3 種 26 隻螢火蟲最多，日均採獲量為 0.929；四月份(4/1~5/1)6 座陷阱的採獲量達 4 種 20 隻(日均採獲量 0.645)，五月份(5/1~5/29)10 座陷阱共採到 3 種 16 隻(日均 0.552)。其餘各月份的採獲量在 8~12 隻之間。而以單次絕對採獲量而言，以 8//30~9/13 的 3 種 24 隻最多，5/1~5/17 的 3 種 14 隻次之，4/1~4/19 的 12 隻再次之。

以陷阱來看，單座馬氏網在設置後的 271 天內計採獲 3 種 4 隻個體，兩座三用網在合計 372 日的採集中採獲 4 種 6 隻，其餘皆為飛行攔截網所採得。而飛行攔截網中，以南仁鼻港附近的 FIT-2 在 264 日累積採集量 4 種 35 隻最多，日均採集量 0.133 亦最高，豬勞束山的 FIT-5 的累積採集量 4 種 25 隻次之，其日均採集量 0.101，約與南山路 3.2K 的 FIT-4(2)相當。FIT-2 和 FIT-5 兩個陷阱的累積採集量總和即佔了約 50%的總採集量。靠近九棚的 FIT-1、南山路 0.3K 的 FIT-7 與 3.2K 的 FIT-4(2)累積採集量都在 10 隻以上(含)，前二者日均採集量也很接近，但僅達 FIT-4(2)的一半。其餘 FIT 的累積採集量都在 2 種 7 隻以下，日均採集量不及 0.05，低於整體飛行攔截網和整體陷阱的平均值。所有陷阱的日均採集量為 0.05，亦即平均 20 日一個陷阱能採到 1 隻螢火蟲。若以陷阱類別區分，則全體 FIT 的日均採獲量是 0.061，馬氏網類(含三用網)為 0.031。

以地點看，九棚地區單座攔截網(FIT-2)之累積採集量 4 種 35 隻與日均採獲量 0.133 高於各地陷阱成果；豬勞束山的兩座 FIT(FIT-5、8)合計 442 天的採集中採獲 5 種 33 隻居次，日均採獲量 0.075，若加上馬氏網，則為 713 天採得 37 隻，日均採獲量 0.052；南仁山區三座 FIT(含 FIT-6、7、4 與其新位置)合計 659 採集日採得黑楯紅弩螢、端黑螢、雲南扁螢共 31 隻(日均採獲量 0.047)，若再加上兩座三用網(含新、舊位置)則為 1031 日內採得 37 隻(日均採獲量 0.036)。其餘地區皆為單一陷阱，成果請參考表 2-2/圖 2 之陷阱位置與表 3-2 之數據。

表 3-2、本計畫之設定採集調查結果(2009/3/24~12/20)

階段	FTT-1	FTT-2	FTT-3	FTT-3(1)	FTT-4	FTT-4(1)	FTT-4(2)	FTT-5	FTT-6	FTT-7	FTT-8	Malaise	SLAM-1	SLAM-1(1)	SLAM-2	各階段 小計
啟用至12/20 累積日數 ¹	263	264	136	127	47	74	99	256	228	211	186	271	75	86	211	2534
3/24~4/1	A ² :1 B:0 C:0	A:0 B:0 C:1	A:1 B:0 C:0	NA ³	A:0 B:1 C:0	NA NA C:0	NA NA C:0	NA NA C:0	NA NA C:1	NA NA E:0	NA NA C:0	A:0 B:1 C:0	NA NA C:0	NA NA C:0	NA NA C:1	A:2 B:2 C:1
4/1~4/19	A:1 B:0 C:4	A:0 B:0 C:0	A:2 B:0 C:0	NA	A:0 B:0 C:0	NA NA C:0	NA NA C:0	A:3 B:0 C:0	NA NA C:0	NA NA E:0	NA NA E:0	A:1 B:0 C:1	NA NA C:0	NA NA C:0	NA NA C:5	A:7 B:0 C:5
4/19~5/1	B:0 C:0 D:0	B:0 C:3 D:1	B:0 C:0 D:0	NA	B:0 C:0 D:0	NA NA D:0	NA NA D:0	B:4 C:0 D:0	NA NA D:0	NA NA E:0	NA NA E:0	B:0 C:0 D:0	NA NA C:0	NA NA D:0	NA NA D:1	B:4 C:3 D:1
5/1~5/17	B:2 C:1 E:0	B:1 C:4 E:0	B:0 C:0 E:0	NA	B:0 C:1 E:0	NA NA E:0	NA NA E:0	B:1 C:0 E:3	B:0 C:1 E:0	NA NA E:0	NA NA E:0	B:0 C:0 E:0	NA NA E:0	NA NA E:0	NA NA E:1	B:4 C:7 E:3
5/17~5/29	B:0 C:0 E:0	B:0 C:1 E:0	B:0 C:0 E:0	NA	NA C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA NA E:0	B:0 C:0 E:1	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA NA E:0	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA C:0 E:0	B:0 C:1 E:1	B:0 C:1 E:1
5/29~6/10	B:0 C:0 E:0	B:1 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA	NA C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA NA E:0	B:1 C:0 E:1	B:0 C:1 E:0	B:0 C:0 E:0	NA NA E:0	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA C:0 E:0	B:1 C:1 E:1	B:3 C:1 E:1
6/10~6/21	B:0 C:0 E:0	B:1 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA	NA C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA NA E:0	B:0 C:0 E:2	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA NA E:0	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA C:0 E:0	B:0 C:0 E:2	B:4 C:0 E:2
6/21~7/4	B:0 C:0	B:0 C:1	B:0 C:0	NA	NA C:0	B:0 C:0	NA NA	B:1 C:0	B:0 C:0	B:0 C:0	NA C:0	B:0 C:0	B:0 C:0	NA C:0	B:0 C:0	B:1 C:1

臨時日期	FIT-1	FIT-2	FIT-3	FIT-3(0)	FIT-4	FIT-4(1)	FIT-4(2)	FIT-5	FIT-6	FIT-7	FIT-8	Malaise	SLAM-1	SLAM-1(1)	SLAM-2	各時段 小計	
																B:0	C:0
7/4-7/14	B:1	B:5	B:0	NA	NA	B:0	NA	B:0	B:0	B:0	B:0	B:0	B:0	NA	B:0	B:6	
	C:0	C:0	C:0	C:0	C:0	C:0	NA	C:0	C:0	C:0	C:0	C:0	C:0	NA	C:0	C:0	
	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	E:0	E:0	
7/14-7/29	B:0	B:0	B:0	NA	NA	B:0	NA	B:0	B:2	B:1	B:0	B:0	B:0	NA	B:0	B:3	
	C:0	C:0	C:0	NA	NA	C:0	NA	C:0	C:0	C:0	C:0	C:0	C:0	NA	C:0	C:0	
	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	E:0	E:0	
7/29-8/16	B:0	B:0	B:0	NA	NA	B:0	NA	B:0	B:1	B:0	B:0	B:0	B:0	NA	NA	B:1	
	C:0	C:1	C:0	NA	NA	C:0	NA	C:0	C:0	C:0	C:0	C:0	NA	NA	C:1	C:1	
	E:0	E:0	E:0	NA	NA	E:0	NA	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	NA	E:0	E:0	
8/16-8/30	B:1	B:0	NA	B:0	NA	B:1	NA	B:1	B:0	B:2	B:0	B:0	NA	NA	B:0	B:4	
	C:0	C:0	NA	C:0	NA	C:0	NA	C:0	C:0	C:1	C:0	C:0	NA	NA	C:1	C:2	
	E:0	E:0	NA	E:0	NA	E:0	NA	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	NA	E:0	E:0	
8/30-9/13	B:1	B:0	B:0	B:0	NA	B:0	NA	B:0	B:0	B:4	B:1	B:0	NA	NA	B:1	B:7	
	C:2	C:5	NA	C:0	NA	C:3	NA	C:3	C:0	C:0	C:3	C:1	NA	NA	C:1	C:15	
	E:0	E:0	NA	E:0	NA	E:2	NA	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	NA	E:0	E:2	
9/13-9/26	B:0	B:0	NA	B:0	NA	B:0	NA	B:0	B:0	B:1	B:0	B:0	NA	NA	B:0	B:1	
	C:0	C:1	NA	C:0	NA	C:0	NA	C:0	C:0	C:0	C:0	C:0	NA	NA	C:0	C:1	
	E:0	E:0	NA	E:0	NA	E:0	NA	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	NA	E:0	E:0	
9/26-10/11	B:0	B:0	NA	B:0	NA	B:0	NA	B:0	B:0	B:0	B:0	B:0	NA	NA	B:0	B:0	
	C:0	C:2	NA	C:0	NA	C:2	NA	C:0	C:0	C:1	C:0	C:0	NA	C:0	C:0	C:5	
	E:0	E:0	NA	E:0	NA	E:0	NA	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	E:0	E:1	E:1	
10/11-10/26	B:0	B:0	NA	B:0	NA	B:0	NA	B:1	B:0	B:0	B:0	B:0	NA	NA	B:0	B:1	
	C:0	C:2	NA	C:0	NA	C:0	NA	C:0	C:0	C:0	C:0	C:0	NA	C:0	C:0	C:2	
	E:0	E:0	NA	E:0	NA	E:1	NA	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	E:0	E:0	E:1	
10/26-11/10	B:0	B:1	NA	B:0	NA	B:0	NA	B:0	B:0	B:0	B:0	B:0	NA	NA	B:0	B:1	
	C:0	C:0	NA	C:0	NA	C:0	NA	C:0	C:1	C:0	C:0	C:0	NA	C:0	C:0	C:1	
	E:0	E:1	NA	E:0	NA	E:0	NA	E:0	E:0	E:0	E:0	E:0	NA	E:0	E:0	E:1	

陷阱/日期	FIT-1	FIT-2	FIT-3	FIT-3(1)	FIT-4	FIT-4(1)	FIT-4(2)	FIT-5	FIT-6	FIT-7	FIT-8	Malaise	SLAM-1	SLAM-1(1)	SLAM-2	各時段 小計	
11/10~11/24	B:0 C:0 E:0	B:3 C:0 E:0	NA	B:0 C:0 E:0	NA	NA	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	NA	B:0 C:0 E:0	B:0 C:0 E:0	B:3 C:0 E:0	
11/24~12/6	C:0 E:0	C:0 E:0	NA	C:0 E:0	NA	NA	C:0 E:0	C:0 E:0	C:0 E:0	C:0 E:0	C:0 E:0	C:0 E:0	NA	C:0 E:0	C:0 E:0	C:0 E:0	
12/6~12/20	E:0 F:0	E:0 F:0	NA	E:0 F:0	NA	NA	E:0 F:0	E:0 F:0	E:0 F:0	E:0 F:0	E:0 F:0	E:0 F:0	NA	E:0 F:0	E:0 F:0	E:0 F:10	
各陷阱小計	A:2 B:5 C:7 D:0 E:0 F:0	A:0 B:12 C:21 D:1 E:1 F:0	A:3 B:0 C:0 D:0 E:0 F:0	A:0 B:0 C:0 D:0 E:0 F:0	A:0 B:1 C:1 D:0 E:0 F:0	A:0 B:0 C:0 D:0 E:0 F:0	A:0 B:0 C:0 D:0 E:0 F:0	A:3 B:9 C:3 D:0 E:10 F:1	A:0 B:5 C:2 D:0 E:0 F:0	A:0 B:9 C:2 D:0 E:0 F:1	A:0 B:4 C:3 D:0 E:0 F:1	A:0 B:1 C:2 D:0 E:0 F:0	A:1 B:1 C:2 D:0 E:0 F:0	A:0 B:0 C:0 D:0 E:0 F:0	A:0 B:0 C:0 D:0 E:0 F:0	A:0 B:2 C:2 D:0 E:1 F:0	A:09 B:47 C:46 D:01 E:12 F:11
日均採獲量 (隻/日)	0.053	0.133	0.022	0	0.043	0	0.101	0.102	0.031	0.057	0.037	0.016	0	0.012	0.024	0.05	
陷阱類別之 日均採獲量	0.061															0.031	

1: 除馬氏網外，其餘所有陷阱於8/8莫拉克颱風中受損失能，多數於8/16~17重建，故扣除之間的8~9日；SLAM-1於7/29遷移至南山路3.2K處，之後因道路中斷，直到9/26才得以入內完成重建，期間所有標本皆無法蒐集。

2: A: 黑腹櫛角螢；B: 黑楯紅弩螢；C: 端黑螢；D: 黃脈翅螢；E: 黃肩脈翅螢；F: 雲南扁螢。

3: NA: not available, 代表陷阱尚未設立、受損暫停運作或遷移至他處。

(資料來源：本調查資料)

第三節 穿越線夜間定量採樣

3~12月的穿越線夜間定量調查共發現 11 種螢火蟲成蟲，包含 4 種熠螢(紅胸黑翅螢、端黑螢、紋胸黑翅螢、黃頭端黑螢)、3 種脈翅螢(黃脈翅螢、黃肩脈翅螢、褐頭脈翅螢)、1 種窗螢(山窗螢)、2 種短角窗螢(蓬萊短角窗螢、橙螢)、1 種扁螢(雲南扁螢)。

三條穿越線中，物種組成最豐富的為萬里得，11 種螢火蟲中除了雲南扁螢之外全部都可在其發現，若再加上非定量採樣所採得的雙色垂鬚螢和黑楯紅弩螢則達 11 種。分水嶺與南仁山穿越線的螢火蟲物種組成則非常相似，都只發現紅胸黑翅螢、端黑螢、黃脈翅螢、黃肩脈翅螢、山窗螢、雲南扁螢等 6 種夜行性成蟲，日行性的則有黑楯紅弩螢和黑腹櫛角螢(見表 3-2)。

三條穿越線的主要組成物種在三月都是端黑螢與紅胸黑翅螢，其中的紅胸黑翅螢在 3/8~4/1 間有 12 隻紀錄，之後便未發現；四至十一月是端黑螢與黃肩脈翅螢，八到十二月出現的山窗螢也有相當數量。其餘種類出現的頻度都不高，如黃頭端黑螢與褐頭脈翅螢目前各發現 1 隻，出現在 5~6 月；蓬萊短角窗螢於八月中旬與九月中旬各在萬里得穿越線採得 1 隻；黃脈翅螢在四、五月間採得 2 隻，之後於八月底與十月下旬又陸續採獲 3 隻；紋胸黑翅螢目前僅見於萬里得穿越線，在六月下旬採獲過 1 隻，十月下旬與十一月上旬另採獲 4 隻；扁螢在十二月上旬於南仁山與分水嶺各發現 1 隻雄蟲。所有物種除 5/29 發現的褐頭脈翅螢是在一小時採樣後才發現外，其餘都在開始採集的前半段便開始活動。比起偏好在樹冠層活動的端黑螢，在亞樹冠層與灌叢層活動的脈翅螢開始出現的時間一般稍晚。

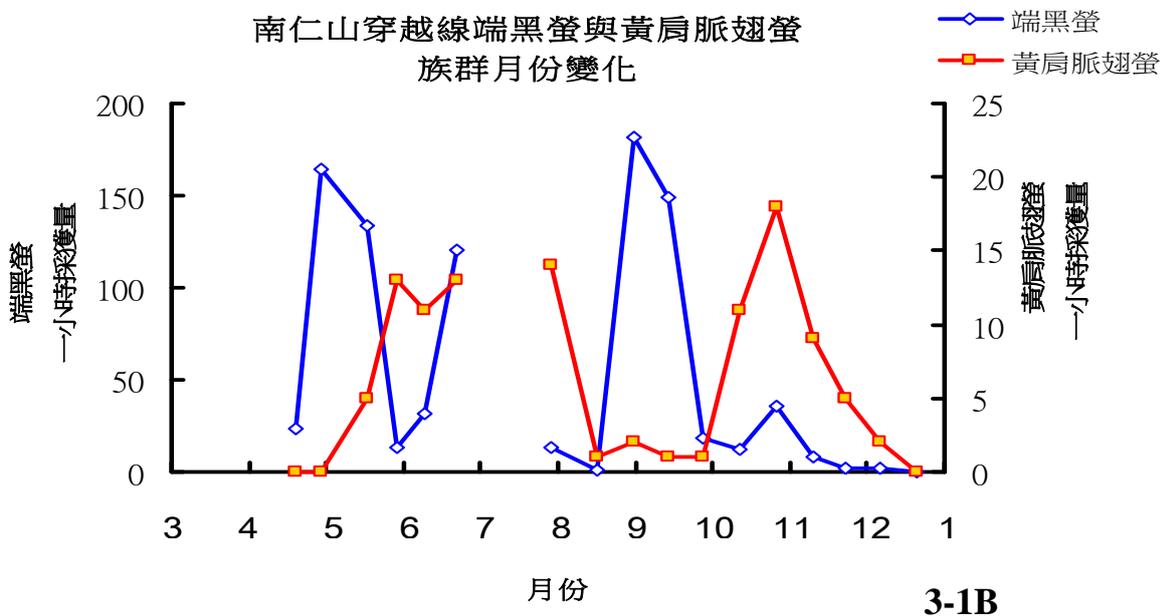
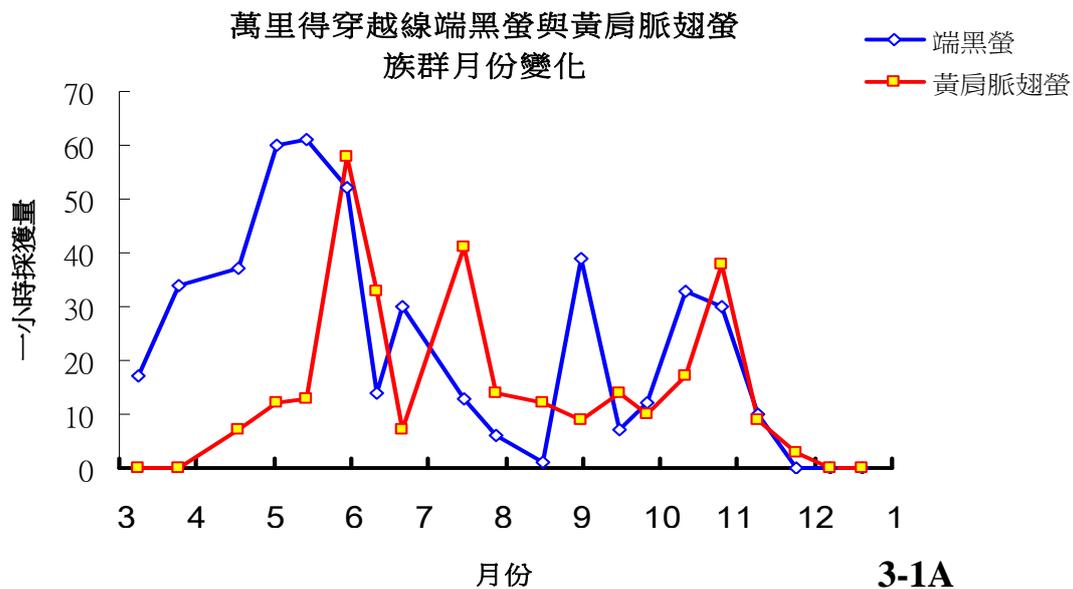
端黑螢在三條穿越線皆為優勢物種，每次調查都有發現且為數眾多，三條穿越線上其族群的動態見圖 3-1 的藍色折線。三條穿越線中，南仁山的端黑螢數量在月份高峰時的一小時採獲量都超過 120 隻，最高達 182 隻；分水嶺在四月初時曾有上百隻的紀錄，之後則不再有如此高的數量；萬里得的端黑螢族群最高峰時的一小時採獲量為 61 隻，較其他地區為少。比較三條穿越線的月份動態，可發現一些相似與相異之處：在四月至五月底、六月下旬、八月底或九月中旬，端黑螢族群出現三波較明顯的高峰，四到五月是高峰中時間較長的一波，延續一到一

個半月，但是族群在六月上旬快速降到低點，三地皆同。兩週後族群量出現一個較小的高峰，但是起伏很快，兩週內便回復到低點。八月中旬各穿越線的端黑螢數量非常少，但是兩週後的八月底，在萬里得與南仁山穿越線的族群量又再度出現高峰，分水嶺則出現在九月中旬。這波高峰也在 2~4 週內結束。萬里得在十月上旬到下旬有另一個高峰，其餘兩條穿越線則不明顯。分水嶺在四月初出現高峰，四月中旬數量大幅下滑，五月初又再度高昇，很可能是因為四月中時當地整理道路砍伐了一些林木與植被所造成的干擾。

值得一提的是八月上旬莫拉克颱風過後，我們在 8/14~16 對三條穿越線進行調查，發現各地端黑螢數量都非常低，但是兩週後 8/29~31 的調查卻發現南仁山和萬里得都出現明顯的族群高峰，分水嶺則再隔兩週後族群明顯上升。這波高峰中雄蟲遠多於雌蟲(圖 3-2A)，顯示是新一批羽化的成蟲所構成。

黃肩脈翅螢族群在三條穿越線的月份變化見圖 3-1 的紅色折線。黃肩脈翅螢自 4/17 出現後，一直持續出現到 11 月，12 月數量則降到很低或未發現。從圖 3-1 可發現三條穿越線各出現三個明顯的峰期，而且時間一致，都發生在五月底到六月初、七月中旬到月底、十月上旬到十一月初。莫拉克颱風後的八月中旬採樣中，黃肩脈翅螢在南仁山與分水嶺穿越線的數量都明顯減少，而萬里得穿越線則在颱風前一週便已降低至近似水平，然而三條穿越線之後一個月的波動卻不似端黑螢族群有劇烈的變化。

黃肩脈翅螢在三條穿越線上的數量，跟端黑螢在各地的數量恰恰相反，萬里得的黃肩脈翅螢是三條穿越線中最多的，一小時採獲量最高可達 58 隻，而南仁山是三條穿越線中最低的，一小時採獲量從未超過 20 隻。黃肩脈翅螢數量一般較端黑螢少，但是在端黑螢數量低時，黃肩脈翅螢的數量常會超越前者。若比較黃肩脈翅螢與端黑螢的發生高峰，可以發現黃肩脈翅螢的三波高峰大約都比端黑螢晚半個月到一個月。



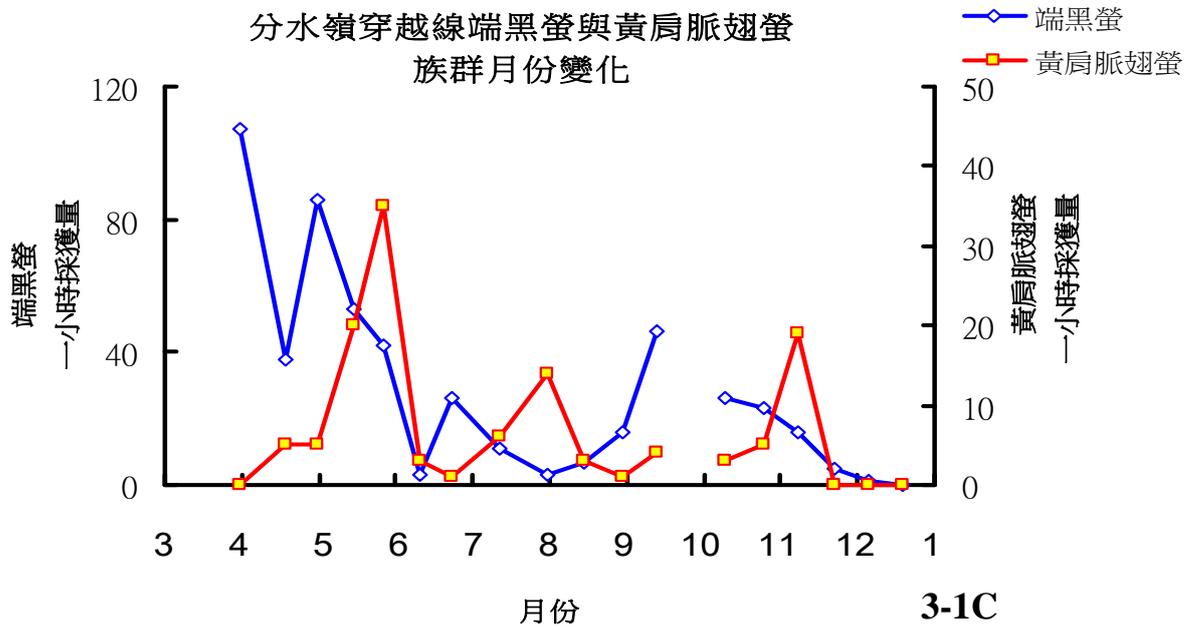
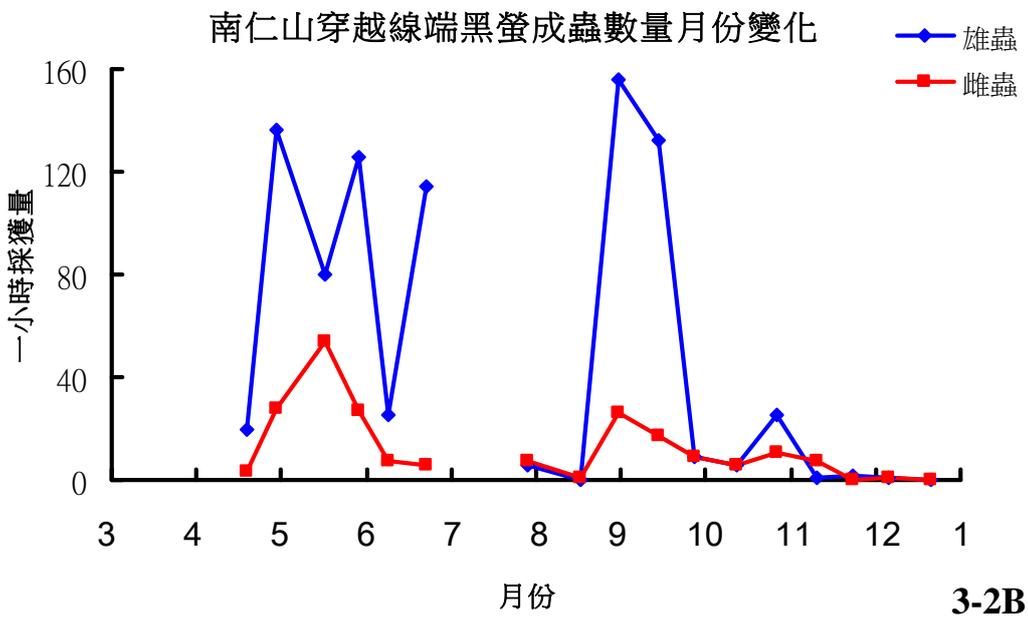
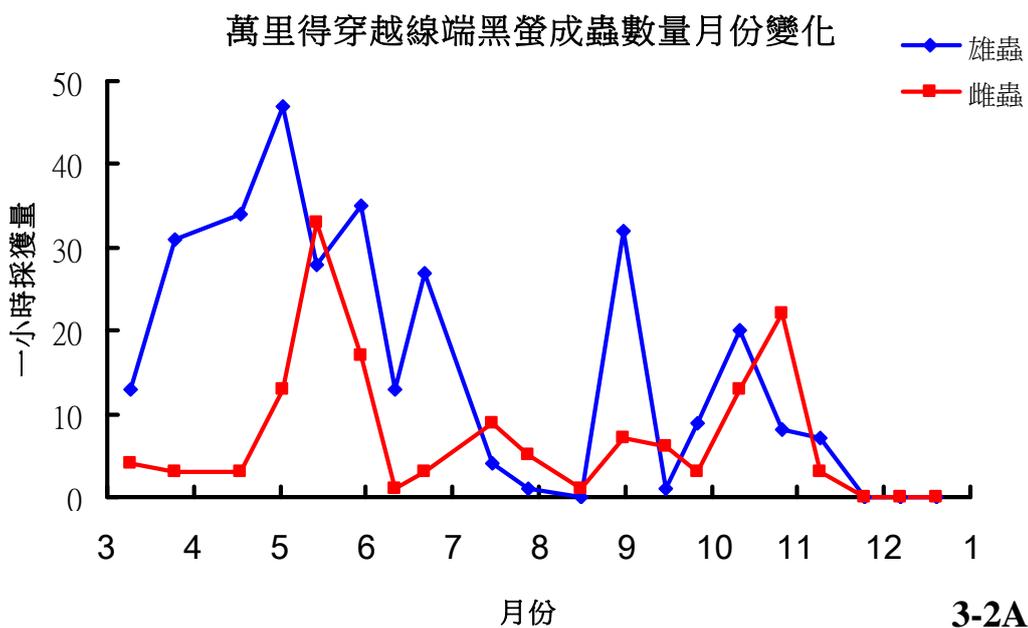


圖 3-1、各穿越線定量採樣中端黑螢與黃肩脈翅螢之族群月份變化。南仁山(3-1B)在七月中旬以及分水嶺(3-1C)在九月下旬因大雨而未進行調查。注意在南仁山與分水嶺穿越線上，兩個種類因為數量懸殊而使用不同數量軸，在萬里得穿越線(3-1A)則相同。

(資料來源：本調查資料)

圖 3-2 顯示端黑螢雄、雌蟲採獲量的月份變化，紅線(雌)高於藍線(雄)即代表性比值(雌個體數/雄個體數)大於 1。端黑螢性比值在大部份調查中都低於 1，但是在族群高峰末端或數量低時超過 1 的情形較多。例如南仁山在七月底到八月上旬、九月底到十月上旬以及十一月上旬族群數量低時皆出現性比高於 1 的情形；萬里得穿越線也類似，但是在五月中旬的族群高峰中期曾出現 1.2 的性比值。此外，從萬里得穿越線可以明顯看出兩性個體的數量波動趨勢類似，而雌蟲的數量變動一般比雄蟲晚 2 週左右。在南仁山與分水嶺穿越線則大致同步。



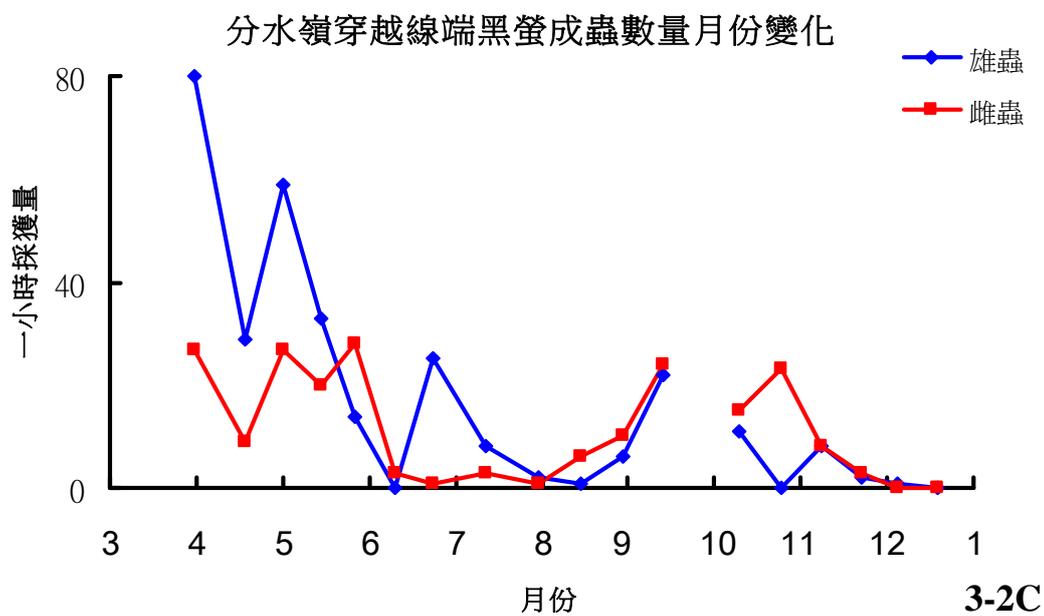
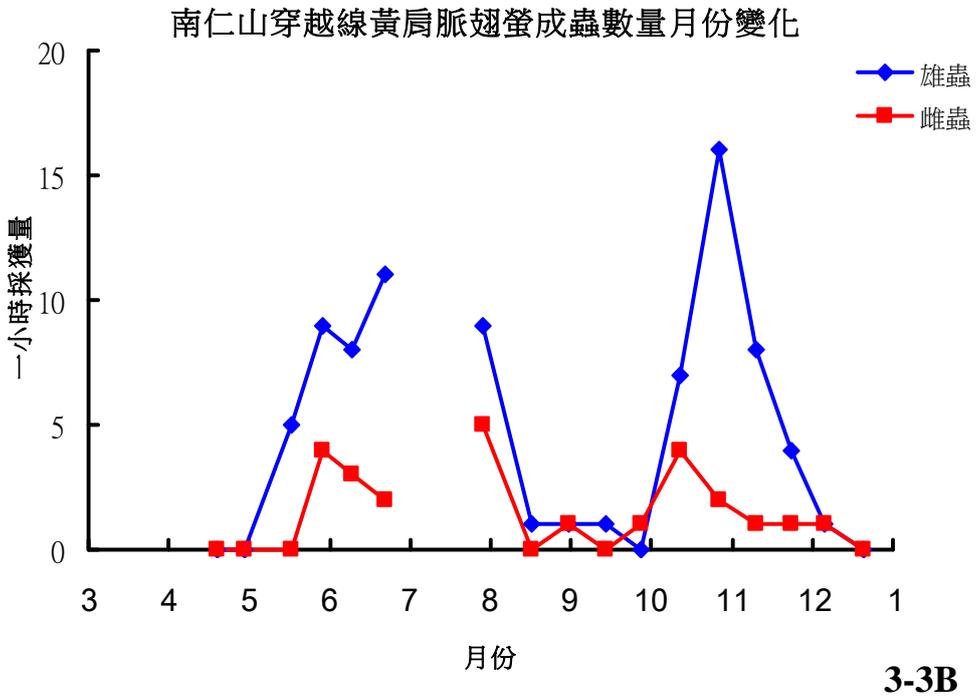
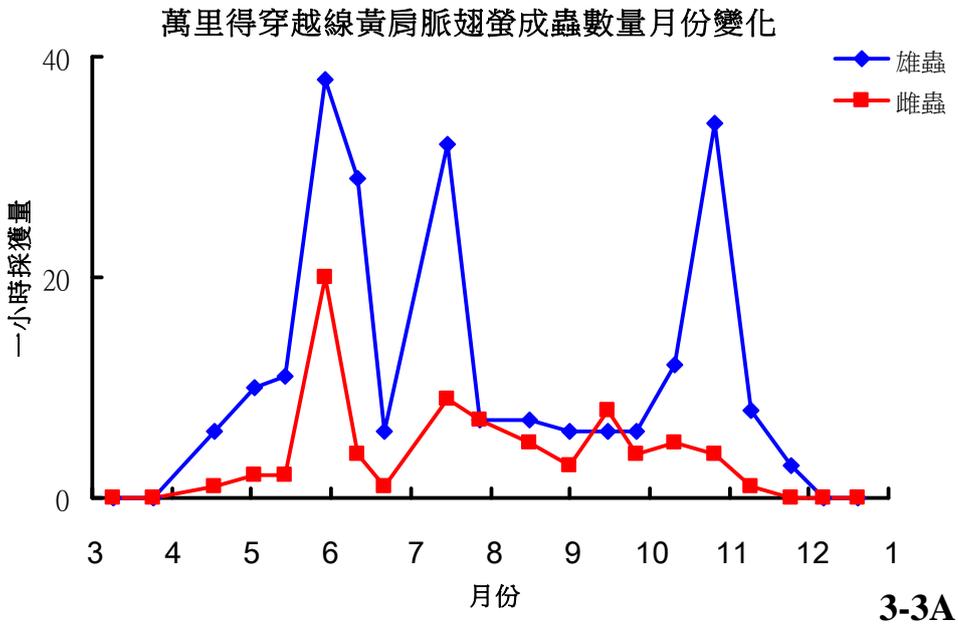
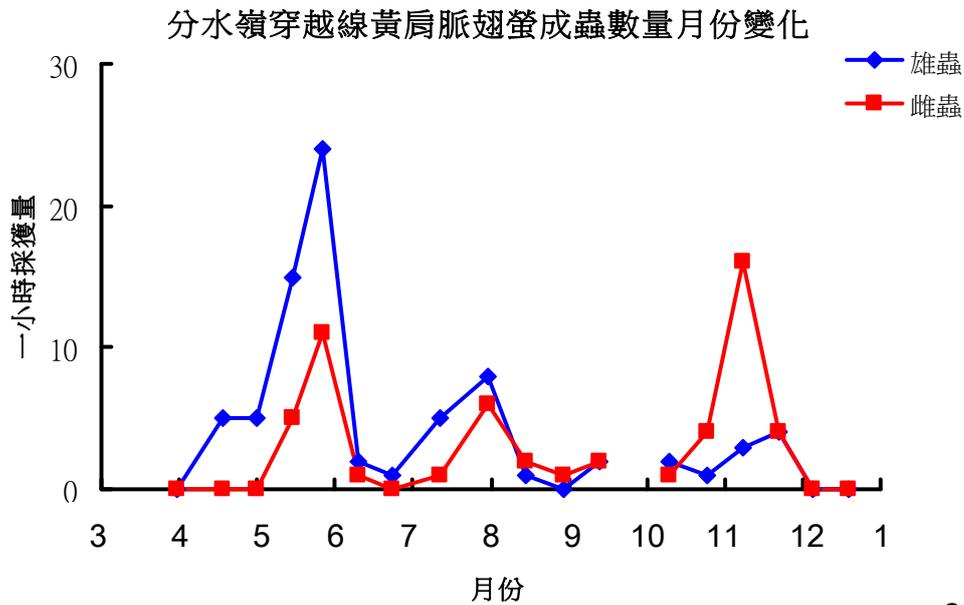


圖 3-2、各穿越線定量採樣中端黑螢兩性數量月份變化。南仁山(3-2B)在七月中旬以及分水嶺(3-2C)在九月下旬因大雨而未進行調查。

(資料來源：本調查資料)

圖 3-3 顯示黃肩脈翅螢在雌、雄數量的月份波動，可發現兩性數量變化的趨勢和步調類似。性比值一般都低於 1，在族群數量較低時偶爾會超過 1，但很少超過 1.5；分水嶺在十月下旬到十一月初的性比達 4~5.3 是少有的情形。





3-3C

圖 3-3、各穿越線定量採樣中黃肩脈翅螢兩性數量月份變化。南仁山(3-3B)在七月中旬以及分水嶺(3-3C)在九月下旬因大雨而未進行調查。

(資料來源：本調查資料)

山窗螢的族群數量變化見圖 3-4。調查中僅見雄蟲，在七月中旬到八月底於萬里得穿越線少量出現，九月下旬起三條穿越線皆可採得，並在十月上旬達到高峰，十月下旬僅剩少數個體，至十一月中旬則未見山窗螢的蹤跡，但十二月上旬又出現另一波較小的高峰。萬里得與南仁山在九月之前的調查中皆可見到山窗螢幼蟲，但是分水嶺穿越線則沒有幼蟲的蹤跡。

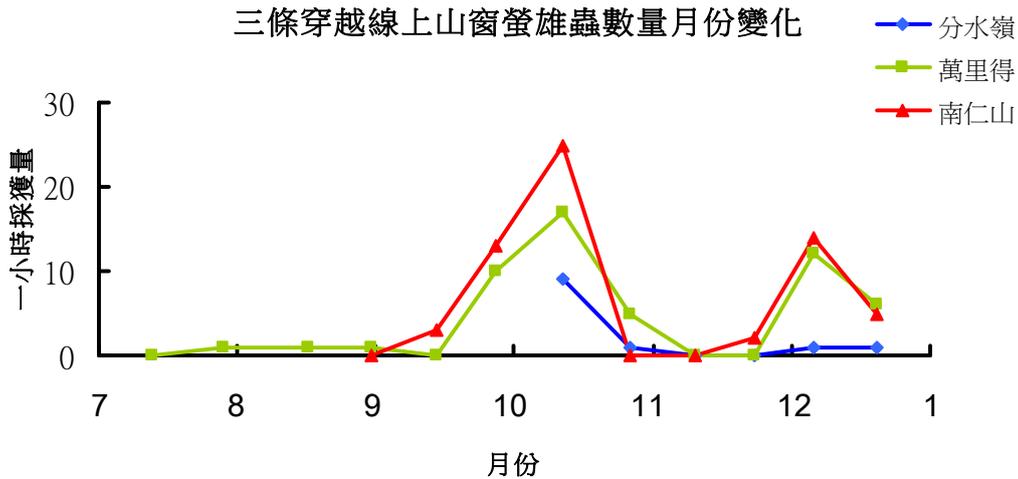


圖 3-4、山窗螢雄蟲數量在三條穿越線上之月份變化。分水嶺在九月下旬因大雨而未進行調查。

(資料來源：本調查資料)

10/24~26 與 11/7~9 我們在三條穿越線對端黑螢、黃肩脈翅螢與山窗螢進行了標記釋放再捕。十月下旬在分水嶺、萬里得與南仁山各標記釋放了 23(無雄蟲)、30(含 8 隻雄蟲)、36(含 25 隻雄蟲)隻端黑螢，5(含 1 隻雄蟲)、38(含 34 隻雄蟲)、18(含 16 隻雄蟲)隻黃肩脈翅螢，以及 1、5、0 隻山窗螢(全數雄蟲)。十一月上旬在分水嶺、萬里得與南仁山各採得 16(含 8 隻雄蟲)、10(含 7 隻雄蟲)、8 隻(含 1 隻雄蟲)端黑螢，沒有回收到任何標記個體，只有一隻落入 FIT-6 陷阱的雄蟲帶有南仁山的標記；黃肩脈翅螢各採得 19(含 3 隻雄蟲)、16(含 11 隻雄蟲)、8(含 7 隻雄蟲)隻，僅在萬里得發現一隻帶有當地標記的雄蟲，採得時依然活躍。山窗螢在十一月初的調查中皆未發現，因此也無回收。11/8~9 再對南仁山與萬里得採得的端黑螢與黃肩脈翅螢再標記後釋放，之後於 11/22~23 的調查中未發現任何標記個體。12/5~6 在萬里得與南仁山穿越線各標記釋放了 12、14 隻山窗螢，之後 12/19 於萬里得採得 6 隻，其中一隻帶有 12/5 的標記；12/20 於南仁山採得 5 隻，全數沒有標記。在穿越線以外，我們也在以上數次調查中採捕回程沿路中所見到的螢火蟲，同樣未發現任何標記個體。

由標記再捕的結果，可知有一些黃肩脈翅螢與山窗螢雄蟲的壽命至少可達兩週，但是由於回收率很低，故不用以推估族群數量或成蟲的遷移能力。

第四章 討論

第一節 墾丁國家公園螢火蟲種類

墾丁國家公園目前記錄的螢火蟲種類有 26 種(鄭等, 1999; 楊等, 1999; 張等, 2000; 何與朱, 2002; 陳, 2007)。經過半年密集的野外調查和博物館館藏標本檢查, 確認當中至少有 19 種分布在墾丁國家範圍內。有疑問的種類如黑翅螢、黃緣螢、大陸窗螢、赤腹櫛角螢、卵翅櫛角螢到目前仍無發現。

黑翅螢在台灣西部低海拔地區是最常見的種類之一, 也是春季數量最多的螢火蟲, 但是他們是否分布在恆春半島頗有疑問。Olivier (1913) 記錄黑翅螢出現於現今的港口村, 科博館的蒐藏標本中也只發現一隻日本學者在 1968 年採自墾丁公園的標本。本調查如此密集的採樣並未在園區內發現, 張等(2000)、何與朱(2002)以及陳(2007)也未記錄本種。目前已知最南的標本採集地點在高雄縣六龜鄉, 本研究的參考點: 屏東縣春日鄉的大漢山和台東卑南鄉的利嘉林道也沒有發現或紀錄。究竟是因為環境變遷使得黑翅螢不再存活於墾丁地區, 或是僅有非常低的族群密度或侷限分布而未能採得, 或是過去採集資料/鑑定錯誤所致, 還需要更多努力與時間來釐清。

至於黃緣螢, 目前已知最南的天然分布地點是屏東縣九如的玉泉村(陳, 2007), 位於赤牛嶺下的恆春生態農場有本種存在(何與朱, 2002), 但在墾丁是否為原生則有疑問。五月時與曾在恆春生態農場工作過的社區志工訪談, 得知該農場內的黃緣螢很可能是由墾丁以外地區引進的物種, 至少持續補充的個體是來自他處。本計畫經四個月的調查亦未在野外發現。

大陸窗螢模式標本產地為中國, 但普遍分布於中國、台灣與東南亞。1895 年日本領台後, 由於日本其他領土內沒有本種的分布, 故日文名取為タイワンマドボタル(漢字為臺灣窗螢)(Matsumura, 1918)。因此台灣窗螢的名稱也多所沿用(如何與朱, 2002)。鄭等(1999)根據博物館標本檢查紀錄本種於墾丁森林遊樂區/社頂自然公園。本種頗適應較為乾燥的環境, 在沙灘、公園、低海拔的人為干擾

地或河床常可發現本種雄蟲活動(鄭等, 1999; 吳與彭, 2007)。針對此特性, 本計畫在一般大陸窗螢的成蟲發生季節於龍鑾潭、水泉、社頂等地進行不定期的調查, 但是都沒有發現成蟲或幼蟲。

赤腹櫛角螢是廣泛分布於台灣與中國的種類, 張等(2000)首度記錄該種在三、四月時出現於南仁山長期生態變遷的永久樣區, 但目前的調查結果尚無發現。同屬的黑腹櫛角螢在墾丁國家公園內是春季常見的日行性種類, 在重點與一般調查地區の日間觀察或設定採集都能發現相當數量, 相對地, 赤腹櫛角螢若確實分布於墾丁地區, 可能族群不大或分布很侷限, 以致於在本計畫如此密集的野外調查中沒有發現, 科博館在墾丁森林遊樂區的馬氏網採集也未採得。在墾丁, 三、四月是黑腹櫛角螢的發生季, 而赤腹櫛角螢在台灣其他地區可以從春末延續到夏季, 張等(2000)在三、四月有赤腹櫛角螢而無黑腹櫛角螢的紀錄, 我們懷疑有可能是黑腹櫛角螢的誤判。但參考點大漢山和利嘉林道都有採集記錄, 顯示該種在台灣分布南限是有可能到達恆春半島, 因此仍須更長期的調查來驗證。

卵翅櫛角螢在墾丁的分布為 Miwa(1931)所記錄, 但是本種目前已知的分布地點都在北部一千公尺以上山區, 因此有疑問。此一紀錄有可能是 Miwa 遭到「素木標本」誤導所做下的紀錄。日籍昆蟲學者素木得一(T. Shiraki)在 1913 年曾攜帶約 2 萬件採自台灣的昆蟲標本赴大英博物館從事鑑定, 1916 年回台時據悉帶回一批大英博物館所蒐藏的採自日本與東南亞地區的已定名昆蟲標本, 後來因為特殊緣故, 更改了原採集標籤, 而通通以暗自對應的台灣地名新標籤來取代。這批標本的種類多半不分布於台灣, 但卻被後人誤以為是台灣產的昆蟲, 或是同時產於台灣和東南亞, 但是新標籤上的地名卻非真正在台灣的採集地, 而是暗自對應的國外產地。一些日籍學者在不知情的情況下參考了這些標本, 因而留下許多有疑問的記錄。這批有疑問的標本遂被後人稱為「素木標本」。由於當事人多已不在人世, 加上相關的對應資料並未公開或留存, 因此恐成懸案(朱與蕭, 1981; 朱, 2005; 歐, 2006)。

褐頭脈翅螢是 1998 年才發表的種類, 原本發現於綠島與台東等地(Jeng *et al.*, 1998), 但早在 1997~1998 年, 南仁山地區已經有過本種的觀察紀錄(陳燦榮與徐芝敏, 未發表), 惜未留下存證標本。何與朱(2002)首度記錄本種於墾丁森林遊樂

區。跟本島其他脈翅螢(*Curtos* spp.)相較，褐頭脈翅螢特別之處是他們發出黃綠色閃光，與其他廣義的熠螢屬(*Luciola sensu lato*)種類類似，而不是脈翅螢常見的綠色持續光。因此若未注意很可能在夜間誤判為熠螢。

在物種普查中最大的發現是黃頭端黑螢，五月在萬里得山穿越線採到一隻雄蟲，之後數度特地採集都未發現。本種至少是台灣新紀錄種，至於是否為新種，因目前標本數量太少而未進一步檢驗，其行為與生態也不清楚。本種將列為未來計畫的重點調查物種。

見於墾丁國家公園而未見於其他國家公園的螢火蟲，有黑楯紅弩螢、褐頭脈翅螢、姬脈翅螢、黃頭端黑螢、黑腹櫛角螢等 5 種，都屬於分布於中南部或南部的種類(鄭等, 1999)，顯示出緯度因素背後反映的氣候差異所造成的影響。其中黑腹櫛角螢在台灣的分布已知北達嘉義縣與花蓮縣南部，有可能分布在玉山國家公園東南境的花蓮縣南安地區，未來可深入調查。

另一方面，出現於玉山國家公園與本計畫兩個參考點，卻未出現在墾丁國家公園的螢火蟲，主要是分布在海拔較高地區的物種。如神木螢、雪螢、鋸角雪螢、高山弩螢、高橋氏弩螢出現於玉山國家公園的東埔、塔塔加、南橫關山(海拔範圍 1000~2700 公尺)與參考點中的大漢山，突胸窗螢則見於玉山的關山與與參考點的利嘉林道(海拔 800 公尺以上地區)，都不見於墾丁，顯示緯度因素對這個分布差異的關聯性較小。另外如南華鋸角螢與赤翅雙櫛角螢在台灣是分布在較低海拔山區的物種，前者也普遍分布在華南與中南半島，在利嘉林道有紀錄，後者則是台灣特有種，已知分布最南端在大漢山，但是皆不見於墾丁地區，其受到垂直分佈限制的可能性較低，而較可能受制於恆春半島特殊的氣候條件。

目前確認的 19 種螢火蟲中，有 7 種是台灣特有種，另有 2 種不確定。過去被認為是特有種的山窗螢、紅胸窗螢與蓬萊短角窗螢，在近年來的海外博物館標本檢查中都發現亦分布在中國大陸東南省份；分布於日本八重山諸島的八重山熠螢(*L. yayeyamana* Matsumura)究竟為當地特有種或是紋胸黑翅螢在當地的亞種尚須進一步釐清。分布於墾丁國家公園的台灣特有種類比例為 37~47%，低於台灣螢科種類的特有比例 52~56% (已知種為 28/54，加入未定種最高達 34/60)。台灣

本土其他四個國家公園的台灣特有種種數在 7~12 間(以玉山國家公園最高)，比例則約 41~51% (鄭，未發表)。因墾丁國家公園全境低於海拔 800 公尺，因此特有種比例較低是合理的情況。這些特有種類多半是研究相對較少的非典型螢火蟲(如弩螢、垂鬚螢等)，或是新近發表或經分類修訂的種類。未來若中國大陸的螢科相研究更加清楚後，特有種比例可能再降低。

第二節 國家公園內之螢火蟲物候

綜合這半年的各種調查結果，我們整理了園區內 13 種螢火蟲成蟲的發生季節(見表 4-1)。其他種類如黃頭端黑螢、褐頭脈翅螢、橙螢都僅有一筆成蟲採集紀錄，大端黑螢與紅胸窗螢則僅有幼蟲紀錄，因此不列入表中。

黑楯紅弩螢成蟲在二月底至五月中旬的日間調查中經常發現，但之後僅見於設定採集陷阱，至 12/6~12/20 的收樣中都還有採獲，8/30~9/13 的設定採集樣品中出現過 7 隻的高峰紀錄。成蟲出現期相當長而連續，看不出有明顯的世代分隔。這個種類也有不少採自其他南部低海拔地區的標本存放於科博館中。

雙色垂鬚螢是台灣特有種，普遍分布在全島低海拔到中海拔山區。在一般目擊方式的調查中並不容易發現雄蟲，僅二月底在萬里得山、三月在欖仁溪谷與滿州山各發現一隻雄蟲，其後各類調查方法至 12/20 為止均未發現。科博館的標本檢查則發現過去數年二月的收樣中在出風谷與墾丁森林遊樂區都有相當數量的雄蟲落入馬氏網陷阱，應是屬於冬季延續至初春的種類。萬里得穿越線在十一月初的調查中已可見到大型的本種幼蟲出現，符合冬季種類的特色。

紋胸黑翅螢是台灣常見的螢火蟲，分布的海拔範圍可從平地到兩千五百公尺左右的山區，在出現季節上也有些許差別，在北部主要出現在春季，在南部與高山地區可見於夏季。本計畫參考點的大漢山在五月開始有本種成蟲出現。陳燦榮與徐芝敏(未發表)在 1997-1998 年的調查中，紋胸黑翅螢在四月與七月於南仁山有紀錄，而本調查則發現於六月下旬與十至十一月的萬里得地區的夜間穿越線調查，以及九月下旬、十二月上旬南山路 2.7K。紋胸黑翅螢的發生期持續到冬季目前僅知出現在墾丁國家公園，相對於台灣其他地區的族群而言非常特殊。

紅胸黑翅螢在本調查中僅出現在早春，從 2/24 初步勘察到 4/1 間在萬里得山穿越線、分水嶺叉路穿越線、169 縣道 7.3K 處有所紀錄，但是 3 月時的採獲數量都不超過 5 隻，三月底到四月初甚至只有單隻。推測他們可能在二月便出現高峰，之後漸減至四月結束。和台灣其他地區相較，墾丁地區的成蟲期較早發生也較早結束。陳(2003)在南仁山的 1998~1999 紀錄則為三到五月，四月初較多。

條背螢是台灣三種幼蟲水棲的螢火蟲之一，廣泛分布在台灣全島與金門低海拔池沼和濕地。模式標本源自緬甸，也分布於印度與中國(Jeng *et al.*, 2003b)。在墾丁國家公園內，目前確認的產地主要集中在社頂到聯勤招待所附近的池沼，南仁山塊目前尚無發現。在台灣北部，本種出現在春季與夏季，而在中部則出現在三到九月(何與姜，2002)。調查中我們注意到本種成蟲的發生與夏季降雨有明顯的關係。社頂地區的幾個棲地在乾季時並無條背螢成蟲，但是七月明顯降水使得一些棲地積水後，開始有成蟲，很可能在乾季潛伏濕土中的幼蟲在降水後才開始築土繭化蛹，即便兩個棲地相距不到兩公里，棲地有無積水直接影響到成蟲的發生，而有發生期相差幾週的情形。條背螢在七月發生後持續至十一月都還有成蟲，七、八月數量頗眾，但是社頂社區在十月時數量只剩個位數。

黃脈翅螢在四月中至五月底、八月底與十月下旬出現於夜間調查和固定採集陷阱中，但是個體都很少，每次調查各種採集方式所得不超過 2 隻，顯示本種出現的季節長而分散，且族群比起優勢的黃肩脈翅螢小得多。1997-1998 於南仁山的調查發現本種在三、四、十月皆有發現(陳燦榮與徐芝敏，未發表)，大致與本調查符合。姬脈翅螢目前發現於社頂地區，起始月份未明，但在七月時個體數頗眾，而八月中旬與之後則不復見。褐頭脈翅螢目前僅 5 月底採得一隻，而過去的調查則出現於五月與七月(陳燦榮與徐芝敏，未發表)，分布範圍相當侷限。

蓬萊短角窗螢雖然是夜行性螢火蟲，但三月時於九棚與南仁山的日間採集中發現過 2 隻雄蟲，皆停棲於喬木葉背；八月中旬與九月上旬又在萬里得穿越線的夜間定量調查中各採得一隻。本種在台灣其他地區的發生期一般在五到八月，而在墾丁其發生期是三月延續至九月，或是三月與初秋各有發生期，或是自秋天延續至隔年春天，目前尚無法判定。

山窗螢在台灣其他地區一般在十到十二月可以見到山窗螢(何與朱, 2002; 陳, 2003), 而南仁山區在七月中旬與八月便少量出現, 在九月下旬至十月上旬達到高峰, 十月下旬僅在穿越線與路段外見到少數個體, 十一月中旬則完全未見成蟲, 僅有少數幼蟲, 之後在十一月下旬又少量出現, 十二月上旬出現另一個較小的高峰。此與陳燦榮與徐芝敏之前在 1997~1998 年的調查類似(陳, 2003)。

雲南扁螢在台灣也是冬季出沒的種類(何與朱, 2002; 陳, 2003)。架設在南仁山與豬勞束山的設定採集陷阱於十二月的收樣中採得本種, 其中上旬採得 10 隻, 而下旬僅有 1 隻; 十二月初在分水嶺與南仁山的夜間調查也發現過雄蟲與雌蟲各 2 隻, 十二月下旬則未發現。本種成蟲在園區內出現的時間似乎很短, 僅約一個月左右, 但是是否如山窗螢成蟲於十一月下旬未發現, 十二月又再出現的情況, 則必須等到明年年初三個月的調查後才能有結論。

黑腹櫛角螢是台灣特有種(Jeng *et al.*, 2007)。在墾丁國家公園內, 日間採集與設定採集結果相當一致, 前者自 3/9~4/18 日在園區內許多地點都有採得, 而設定採集則在陷阱建立後的 3/24~4/19 間採得。推估黑腹櫛角螢的成蟲出現期約在三月初至四月中旬的一個半月間。十月到十二月間可在分水嶺穿越線上與南仁山發現本種的中齡期幼蟲, 估計是以幼蟲越冬的物種。

恆春地區終年氣溫相差不大, 但乾濕季明顯, 五到九月為濕季, 其餘月份為乾季。然南仁山區的氣候與西恆春地區相去甚遠, 冬季東北季風依舊帶來相當雨量, 使得整體環境較港口溪以南與以西地區濕潤, 林相組成亦差異極大(謝等 1991)。本計畫的重點調查地區主要為南仁山區的背風面溪谷地形(設有南仁山與萬里得穿越線及 5 座設定採集陷阱), 植被屬於亞熱帶季風雨林(蘇與蘇, 1988), 此亦為螢火蟲種類最多的地區。以此地區來看, 則乾、濕季對螢火蟲成蟲發生期的影響並不大, 在台灣其他地區春、冬兩季出現的種類跟在南仁山區者比較並無不同, 反而可能是由於較高的氣溫使得許多南仁山區的螢火蟲發生期明顯較其他地區提早或延長, 橫跨乾季與濕季。社頂地區的條背螢則明顯受到降水的影響, 相較於台灣其他地區, 社頂可能由於均溫較高而使發生期較長, 但是當地乾季非常明顯, 池沼乾涸後成蟲也隨之消失。

表 4-1、墾丁國家公園內螢火蟲種類成蟲出現期(2009 年 3~12 月)

中名	種名	月份											
		3 ¹	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	黑楯紅弩螢	<i>Drilaster</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	雙色垂鬚螢	<i>Stenocladus bicoloripes</i> Pic	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	紋胸黑翅螢	<i>Luciola filiformis</i> Olivier	—	—	◆	—	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
4	紅胸黑翅螢	<i>Luciola kagiana</i> Matsumura	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	端黑螢	<i>Luciola praeusta</i> Kiesenwetter	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	條背螢	<i>Luciola substriata</i> Gorham	—	—	—	?	—	—	—	—	—	—	—
7	黃脈翅螢	<i>Curtos costipennis</i> (Gorham)	—	—	—	—	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
8	姬脈翅螢	<i>Curtos impolitus</i> (Olivier)	—	—	—	?	—	—	—	—	—	—	—
9	黃肩脈翅螢	<i>Curtos mundulus</i> (Olivier)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	蓬萊短角窗螢	<i>Diaphanes formosus</i> Olivier	—	—	—	—	◆	◆	—	—	—	—	—
11	山窗螢	<i>Pyrocoelia praetexta</i> Olivier	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	雲南扁螢	<i>Lamprigera yunnana</i> (Fairmaire)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	黑腹榔角螢	<i>Vesta scutellonigra</i> Olivier	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

1. 每月分為上、中、下旬三等份。本計畫確實調查時間為 2009/2/24~12/20。若 2/24 有發現的物種，起始點由 3 月開始算起，若於 3/8 採樣才首度發現者，則自 3 月上旬開始算起，其餘月份依此類推。

2. 粗橫線代表發生期連續，◆則代表採集個體少且時間點間斷，無法推論是否連續；?代表開始時間可能於此時，但因該月份未調查(位於一般調查地區)故不確定。12/20 之後未知，故止於 12 月下旬。

(資料來源：本調查資料)

第三節 優勢物種：端黑螢與黃肩脈翅螢的分布與族群動態

這兩種螢火蟲在調查地區的發生期長而數量多，從四月到十一月是各地的主要優勢物種，可提供較多的數據與資訊。

端黑螢分布相當廣泛，在台灣東、西部從北到南都有，黃肩脈翅螢則主要分布在中南部與東部地區。根據本年度的調查結果，兩者在墾丁地區的分布是同域發生(sympatric)，只要出現都是兩種都有，而從缺的話也是兩者皆無。南仁山保護區與社頂是兩個典型的例子。我們調查過九棚、分水嶺、南仁山、萬里得山、欖仁溪、豬勞束山等屬於南仁山塊的棲地，在春季之後都可以發現端黑螢與黃肩脈翅螢。但是在社頂公園與社區，卻未見任何一種，夜行種類僅有姬脈翅螢與條背螢。這意味兩個地區有相當不同的環境條件造成分布上的特殊性與限制。兩地的植被明顯不同，南仁山塊背風面的主要植群為星刺栲—奧氏虎皮楠型，而社頂的植群主要為向陽性的相思樹型與較乾燥氣候的澀葉榕—茄冬型(葉，1994)。植群類型主要受到當地氣候的影響，而恆春半島地區植被的差異主要是冬季降雨量和東北方天際開闊度等因素造成(蘇，1986)。東北季風帶來的雨量在迎風面的南仁山塊降下後，變成乾燥的空氣，再經過「乾增溫效應」變成較乾熱的氣流翻山而下，使得墾丁西半部和社頂地區有較長的乾季，植群落葉枯黃(葉，1994)。簡言之，南仁山塊氣候較溼潤，而社頂等地區則較為開闊乾燥，且乾季長而缺水明顯。螢火蟲幼蟲為肉食性，其幼蟲的食餌如蝸牛與蚯蚓等小型無脊椎動物受到雨量豐沛與否的影響。推測端黑螢與黃肩脈翅螢在棲地氣候上是屬於較適應高濕的種類，而姬脈翅螢則能適應社頂的長期乾季環境。至於墾丁西部，屬於更乾燥的氣候，目前尚未發現任何夜行性螢火蟲的存在。

若以南仁山保護區內的穿越線來比較，南仁山有數量極多的端黑螢與較少的黃肩脈翅螢，萬里得則反之，端黑螢數量不若南仁山，但黃肩脈翅螢所佔的取樣比例約和端黑螢相當。單以此兩種螢火蟲來看，萬里得的歧異度指標便高於南仁山，而萬里得目前記錄到 11 種螢火蟲，南仁山穿越線則為 7 種，也反映此現象。大抵而言，萬里得屬於較不均質的環境，溪谷沿岸多已開發為檳榔園，缺乏中層植被，天際也較開闊，步道的另一側則有茂密的原生或次生林，底、低、中、高層植被齊全，穿越線終點並下降至溪谷，使得環境中有較多的群落交錯區

(ecotone)，因此有比較多物種是常見的現象。至於南山路，前段是屬於干擾地和次生林，在 2.5K 之後逐漸出現原生林，至末段則為開闊的湖區。目前選定的穿越線在 0.9~1.1K，植被為次生林，環境大抵均質，植群類似，步道在闊葉林中穿過，一側則是溪谷。端黑螢在此地成為主要的優勢種。

在物候上，端黑螢成蟲在多數地區都是春末到夏季出現，而恆春半島全年出現的物候則非常特別。陳(2003)依據 1997~1998 在南仁山的調查，推估端黑螢的族群量在初春達到高峰，之後便持續降低，至 12 月才返昇(陳，2003)。本研究調查迄今，確認他們的長期出現，春季仍是主要的發生期，但年中有數個較短的高峰，各出現在春季、初夏與初秋。這樣長期發生卻又快速波動的情形可能反應幼蟲期時間的可塑性(plasticity)，或是不同季節出現的成蟲繁衍的子代出現在不同的時間。黃肩脈翅螢在南仁山保護區的成蟲發生期也相當長，且族群波動的趨勢與端黑螢類似，在年中出現三個明顯的高峰，但是峰期都較端黑螢的峰期晚數週。這兩個種類都喜歡高飛，在樹冠層或亞樹冠層飛行，較少在低層植被活動，峰期的時間差是否為避免發光行為的混淆與空間競爭，或是單純的幼生期步調不同還需要研究。

八月初莫拉克颱風重創南台灣，墾丁也受到些波及，超大豪雨造成許多道路與步道崩毀坍塌，甚至走山。八月中旬的調查在各穿越線都只有少數螢火蟲成蟲出現，可能是受到颱風的衝擊。但是八月底端黑螢又大量出現，且八月中旬到九月上旬在設定採集陷阱也出現高峰，顯然颱風並未對老熟幼蟲造成太大的影響。黃肩脈翅螢的族群在莫拉克颱風後一個月內的變動很小，一直處於數量較低的狀態，很可能原本就是成蟲發生季的離峰期。

第四節 調查方式之效能

三種調查方式皆有其不可取代性的功能。在物種普查上，藉日間調查與夜間採集，發現到目前確認的 18 個種類；在社群組成與優勢種類族群動態上，夜間定量調查是唯一可行的方式。在物候調查上，特別是日行性物種，設定採集發揮了重要的輔助功能，例如黑楯紅弩螢在秋、冬兩季未在野外目擊，但是設定採集

陷阱則持續採到相當數量的個體。

在設定採集上，三種陷阱都能採到螢火蟲成蟲，從絕對採獲量與日均採獲量來看，FIT 應是三者中最具效力的螢火蟲調查工具，馬氏網與三用網的效能相當，但遠不及 FIT。從各座 FIT 採樣結果可以看出，FIT 的效果受到選定地點和環境的影響很大，如設置在九棚平地次生林的 FIT-2 有相當高的效率，而在社頂的 FIT-3 與之後遷移的地點(FIT-3(1))效能都不理想。馬氏網與三用網使用迄今的效果也不理想。過去檢視博物館的標本時，發現馬氏網在採集某些特定的螢火蟲有很好的效果，如冬季出現的垂鬚螢、扁螢的雄蟲等，而這些物種都是雄蟲發光較弱、雌蟲發光較明顯的夜行性種類。當初選定滿州山—豬勞束山鞍部設置馬氏網，是因為當地在三月初的日間調查有發現雙色垂鬚螢雄蟲。但之後的調查都未再發現，而馬氏網也未採得。究竟是因為發生期結束或陷阱設置位置不佳所致，需要進一步釐清。其真正的採集效能必須等到明年春季時再評估。至於三用網，因為是開發不久的獨家產品，尚未被學界廣泛運用，因此無從比較採集螢火蟲的效能。其採集昆蟲的原理與馬氏網相同，因此也必須等到明年春天才能做比較完整的評估。然就目前結果來看，飛行攔截網與三用網共同設置的地點如南山路 3.2K 的 FIT-7 與 SLAM-1(1)的作用時間約略相同(99 vs. 86)在 11/24~12/10 一舉採得 8 隻雲南扁螢，SLAM-1(1)則僅採得 1 隻，設置以來整體採集數各為 2 種 10 隻與 1 種 1 隻；南山路 0.3K 叉路的 FIT-7 與 SLAM-2 的作用時間皆為 211 日，前者採得 3 種 12 隻，後者則是 3 種 5 隻。飛行攔截網的效能顯然比三用網高。

第五章 結論與建議

第一節 結論

1. 經過 10 個月的調查，確認墾丁國家公園至少有 19 種螢火蟲分布，在所有國家公園中僅次於玉山，而單位面積種類數則僅次於陽明山國家公園。甚至發現台灣未曾紀錄過的夜行性螢火蟲(黃頭端黑螢)，實屬難得。19 種螢火蟲中，台灣特有種佔 7~9 種，僅見於墾丁而不分布在其他國家公園的種類則有 5 種。
2. 恆春半島氣候可分為乾、濕兩季，但東、西兩岸的氣候差異頗大。若以南仁山區來看，乾、濕季對螢火蟲成蟲發生期的影響並不大，在台灣其他地區春、冬兩季出現的種類跟在南仁山區者比較並無不同，反而可能是由於較高的氣溫使得許多南仁山區的螢火蟲發生期明顯較其他地區提早或延長。社頂地區的條背螢則明顯受到降水的影響。
3. 在南仁山生態保護區內，春季至秋季的主要優勢物種為端黑螢與黃肩脈翅螢，其一年中各有三個高峰期，主要發生期在春季，世代間無明顯區隔。冬季優勢物種則為山窗螢。
4. 設定採集使用的三種陷阱都能採得螢火蟲，11 座陷阱共採得 6 種 126 隻，其中飛行攔截網採得的樣本佔絕大部份。以月份而言，四、五與九月的陷阱採獲量較高。以地點而言，九棚、南仁山與豬勞束山是收穫較高的地區。

第二節 建議

建議一

編纂解說手冊或網頁—立即可行建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：園區內各地之社區發展協會

可根據本調查結果開始編纂解說手冊或網頁，圓圈內不僅螢火蟲種類豐富，物候也與台灣多數地區有所差異，是另一個螢火蟲資源的特色。在進行整體

解說教育推廣時，可同時強調物種的多樣性與其地區化的特殊性。

建議二

進行解說教育—立即可行建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：園區內各地之社區發展協會

由於墾丁地區開發較早，許多地區都屬私人或林務單位所有，對於國家公園的經營管理較不利。目前國家公園積極與園區內社區發展夥伴關係，此一發展對於結合社區資源來進行保育工作有正面效果。本計畫執行期間曾協助進行南仁山保護區(攬仁溪)和社頂社區的螢火蟲資源解說與訓練，希望能將調查所得結果做有效的運用與推廣。未來國家公園在的螢火蟲生態解說教育可朝定點、季節化的方向規劃，如選定社頂社區或南仁山保護區內較安全無虞的地點，在螢火蟲發生季節的高峰期進行知螢賞螢的活動。目前評估較佳的賞螢季節在南仁山生態保護區(含豬勞束山、攬仁溪、萬里得、南仁山等地)為四月到七月、十到十一月，社頂則在七到八月。

建議三

與社區合作進行棲地保護與生態監測—立即可行建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：園區內各地之社區發展協會

在墾丁的螢火蟲種類中，端黑螢、黃肩脈翅螢、山窗螢與條背螢由於發光訊號特殊或相當明亮，且數量不少，以資源而言具有較佳的賞螢價值。前三者目前已知出現在南仁山保護區，而條背螢則出現在社頂到風吹沙一帶。由於後者並非位於生態保護區，甚至有些是牧地，較易受到人為干擾，在保育上應加注意。社頂社區附近的條背螢是當地不錯的生態解說資源，但是並未在本年度的調查中列入重點，因此對當地族群動態尚無法全盤了解。希望明年能以此為重點之一，普查墾丁地區內條背螢的水塘棲地，並結合社區人力與在地優勢協助進行長期而全面的監測與觀察。

建議四

保護區內避免鋪設柏油路面或興建水泥排水溝——中長期建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：滿州鄉公所、屏東縣政府、公路總局第三區養護工程處

在夜間穿越線調查中，我們觀察到一些螢火蟲棲地維持的問題。南仁山與萬里得山穿越線在三到七月經常可見山窗螢的幼蟲於步道兩側爬行覓食，分水嶺穿越線則未曾見過幼蟲。推測分水嶺穿越線上的山窗螢成蟲很可能都是來自鄰近地區，飛經該地時遭到採捕的。然一路(200 號縣道)之隔的道路邊坡與乾水溝，不時可見山窗螢與雲南扁螢幼蟲。這兩種螢火蟲的雌蟲都是無翅的幼蟲型(neotenic 或 paedomorphic)，遷移能力相當弱，族群的擴散僅能靠幼蟲的移動。曾目擊一兩次山窗螢幼蟲爬行橫越道路，然 200 號縣道許多路段靠河側皆為水泥護牆而非開放邊坡，不利螢火蟲幼蟲的遷移。相對地，雌蟲能飛的端黑螢、脈翅螢與黑腹櫛角螢，則常可於穿越線上見到雌蟲產卵或幼蟲爬行，說明當地並非不適合螢火蟲生長的環境。對雌蟲不會飛的螢火蟲種類來說，車輛來往頻仍的縣道使得棲地遭到分割，成為散播障礙。南仁山與萬里得穿越線的步徑由於寬度窄，為天然地面且邊坡開放，並不構成幼蟲活動的障礙。因此國家公園內若要進行道路或是排水溝等工程，需注意當地是否有雌蟲無翅型的螢火蟲種類分布，做出因應之道，以免造成棲地分割片斷化的問題。

致 謝

本計畫承蒙墾丁國家公園管理處保育課、社頂與南仁山工作站大力協助，使計畫得以順利執行；徐堉峰、李奇峰博士對本計畫提供諸多建議與資訊；張志遠、李大翔、張文賢先生與賴郁雯博士協助採集、交通、儀器使用與資料分析，在此深致謝忱。本計畫經費由墾管處委託計畫契約編號 485-98-01 提供。

附錄一、屏東縣春日鄉大漢山螢科甲蟲名錄

中 名	種 名
赤翅雙櫛角螢	<i>Cyphonocerus sanguineus</i> Pic*
高山弩螢	<i>Drilaster atricollis</i> Nakane
高橋氏弩螢	<i>Drilaster takahashii</i> Nakane
紅弩螢	<i>Drilaster purpureicollis</i> (Pic)
黑縫弩螢	<i>Drilaster</i> sp.
雙色垂鬚螢	<i>Stenocladus bicoloripes</i> Pic
大端黑螢	<i>Luciola anceyi</i> Olivier
紋螢	<i>Luciola filiformis</i> Olivier.
紅胸黑翅螢	<i>Luciola kagiana</i> Matsumura
端黑螢	<i>Luciola praeusta</i> Kiesenwetter
小紅胸黑翅螢	<i>Luciola satoi</i> Jeng et Yang
三節熠螢	<i>Luciola trilucida</i> Jeng et Lai
灰翅雪螢	<i>Diaphanes cheni</i> Jeng
蓬萊短角窗螢	<i>Diaphanes formosus</i> Olivier
雪螢	<i>Diaphanes niveus</i> Jeng et Satô
鋸角雪螢	<i>Diaphanes lampyroides</i> (Olivier)
神木螢	<i>Diaphanes nubilus</i> Jeng et Lai
紅胸窗螢	<i>Pyrocoelia formosana</i> Olivier
赤腹櫛角螢	<i>Vesta impressicollis</i> Fairmaire

(本名錄乃根據 2008/12~2009/7 野外調查結果與同儕間之採集通報*)

附錄二、台東縣卑南鄉利嘉林道螢科甲蟲名錄

中 名	種 名
紅弩螢	<i>Drilaster purpureicollis</i> (Pic)
洛氏弩螢	<i>Drilaster rollei</i> (Pic)
雙色垂鬚螢	<i>Stenocladus bicoloripes</i> Pic
黑翅垂鬚螢	<i>Stenocladus</i> sp.
黃脈翅螢	<i>Curtos costipennis</i> (Gorham)
暗褐脈翅螢	<i>Curtos obscuricolor</i> Jeng et Lai
梭德氏脈翅螢	<i>Curtos sauteri</i> (Olivier)
大端黑螢	<i>Luciola anceyi</i> Olivier
南華鋸角螢	<i>Lucidina vitalisi</i> Pic
細身鋸角螢	<i>Lucidina</i> sp.
擬紋螢	<i>Luciola curtithorax</i> Pic
紋螢	<i>Luciola filiformis</i> Olivier.
紅胸黑翅螢	<i>Luciola kagiana</i> Matsumura
端黑螢	<i>Luciola praeusta</i> Kiesenwetter
小紅胸黑翅螢	<i>Luciola satoi</i> Jeng et Yang
三節熠螢	<i>Luciola trilucida</i> Jeng et Lai
橙螢	<i>Diaphanes citrinus</i> Olivier
蓬萊短角窗螢	<i>Diaphanes formosus</i> Olivier
神木螢	<i>Diaphanes nubilus</i> Jeng et Lai
雲南扁螢	<i>Lamprigera yunnana</i> (Fairmaire)
大陸窗螢	<i>Pyrocoelia analis</i> (F.)
紅胸窗螢	<i>Pyrocoelia formosana</i> Olivier
山窗螢	<i>Pyrocoelia praetexta</i> Olivier
突胸窗螢	<i>Pyrocoelia prolongata</i> Jeng et Lai
赤腹櫛角螢	<i>Vesta impressicollis</i> Fairmaire
黑腹櫛角螢	<i>Vesta scutellonigra</i> Olivier

(本名錄乃根據趙(2005)與利嘉林道發展協會(2005~2008))

附錄三 墾丁國家公園螢火蟲雄蟲檢索表

1. 前胸背板可完全遮蓋住頭部 2
 - 前胸背板無法完全遮蓋住頭部 7
2. 觸角為櫛齒狀；腹部可見腹節第七節末端中央有一指狀突起 黑腹櫛角螢
 - 觸角為絲狀或鋸齒狀；腹部可見腹節第七節末端中央無指狀突起 3
3. 前胸背板前端部有明顯的透明或半透明窗室；複眼後緣無明顯凹陷 4
 - 前胸背板前端部沒有明顯的透明窗室；複眼後緣明顯凹陷 雲南扁螢
4. 複眼一般，兩眼相隔約複眼直徑的距離；觸角鋸齒狀 5
 - 複眼巨大，佔頭部體積之大部份，於腹面近乎鄰接；觸角近乎絲狀 6
5. 前胸背板兩側煙黑色，中央具有一鮮紅色方形斑塊；腹部桃紅色；腹部末端具一對點狀發光器 紅胸窗螢
 - 前胸背板兩側土黃色，中央橙紅色；腹部黑褐色；腹部末端具兩排明顯發光器 山窗螢
6. 全體橙色 橙螢
 - 前胸背板灰褐色，翅鞘黑色 蓬萊短角窗螢
7. 觸角為櫛齒狀 雙色垂鬚螢
 - 觸角為絲狀 8
8. 腹部末端無明顯發光器 9
 - 腹部末端具有兩節明顯發光器 10
9. 前胸背板與翅鞘同為紅色 黑楯紅弩螢
 - 前胸背板黑色，翅鞘紅色 奧氏弩螢
10. 翅鞘外側 1/3 處具有明顯縱折邊 11
 - 翅鞘外側無明顯縱折邊 14
11. 全體黃色，翅鞘端部黑色 黃脈翅螢
 - 體色非黃色 12

- 12. 頭部黃褐色；腹部末節的發光器大，幾乎達腹板末端 褐頭脈翅螢
 - 頭部黑色；腹部末節的發光器較小，未達腹板末端 13
- 13. 體型小於 5 mm；頭部大，約與前胸背板同寬..... 姬脈翅螢
 - 體型大於 6 mm；頭部較小，約前胸背板寬 3/4..... 黃肩脈翅螢
- 14. 前胸背板有斑紋；體型細小，體長小於 6 mm..... 紋胸黑翅螢
 - 前胸背板無斑紋；體型較大，體長 8 mm 以上..... 14
- 15. 體色黃色，翅鞘端部黑色 16
 - 前胸背板桃紅色，翅鞘黑色..... 紅胸黑翅螢
- 16. 腹部末端節之發光器為三角形 條背螢
 - 腹部末端節之發光器為半橢圓形..... 17
- 17. 頭部黃色 黃頭端黑螢
 - 頭部非黃色..... 18
- 18. 體型較大，體長 10 mm 或以上，腹部無任何黑色節 大端黑螢
 - 體長小於 10 mm，腹部在發光器前一節為黑色..... 端黑螢

附錄四 服務企劃書評審會議紀錄

「98 年度委託辦理墾丁國家公園螢火蟲資源調查及應用」委託辦理案
服務企劃書評審會議紀錄

開會日期：中華民國 98 年 2 月 24 日下午 2 時 0 分

記錄：鍾奕霆
顧聖聖

開會地點：墾丁國家公園管理處中型會議室

主持（召集）人：林委員欽旭

林欽旭

評審委員：

國立台灣師範大學生命科學系 徐委員靖峰

徐靖峰

行政院農委會農業試驗所

李委員奇峰

李奇峰

墾丁國家公園管理處 林委員文敏

林文敏

馬委員協群

馬協群

出席單位及人員：

服務廠商

博輝學

墾丁國家公園管理處

螢火蟲招標審查記錄

主持人：是不是請那一位委員要先提出問題請教一下！

李委員：馬氏網及飛行攔截網之原理、目的及其所可能採集到的對象為何？

廠商：本次計畫書中提及之四種設定採集方式之原理為依據螢火蟲特性所設計：

- 1.馬氏網為一定置式之立網，網的上方有一蒐集容器。其設計是針對飛行之螢火蟲碰撞到障礙物時，會習慣性攀附住障礙物而往上攀爬之昆蟲。
- 2.飛行攔截網同樣為一定置式之立網，在網的下方有一排承受水盤。其設計是針對飛行之螢火蟲碰撞到障礙物時，會習慣性縮腿落下之種類。
- 3.掉落氏陷阱主要捕捉對象為地面活動之幼蟲，其做法是在幼蟲可能出現之地面埋入一開口容器，容器內擺入幼蟲喜愛吃的蝸牛肉或蚯蚓，利用食餌的味道引誘幼蟲前來取食而掉落容器內無法爬出來。
- 4.雌蟲誘集法為利用採集到的雌蟲所散發出的費洛蒙，吸引平常較不易發現之雄蟲。此法主要是針對雌蟲無法飛行而雄蟲可以飛行的種類。

徐委員：延伸上一個問題。設定採集時是否會採集到非設定採集之目標種。

廠商：會採到非設定的目標種。

徐委員：如果是這樣的話，畢竟設定採集之數據沒有人為因素干擾，用於定量上的計算會較客觀有用，因此整體上所有物種若均設定採集，在做監測上的參考較準確。

廠商：在定量的部份我們都會以設定採集做參考，但是畢竟有些種類以設定採集不一定能蒐集到，所以在定性的部份我們仍需以非設定採集來輔助。

徐委員：墾丁的螢火蟲紀錄有二十多種，它們的生活史是否都已知道？在這次計畫中，是否也包括將墾丁的種類之生活史完成？

廠商：有許多種類不清楚，但是我們可以參考鄰近國家，如日本的資料。很希望能在這次計畫中也完成生活史的部份。

徐委員：世代數都知道嗎？

廠商：目前台灣已確定知道的很少，大概只有3、4種，因為牽涉到飼養方式的不同。例如單隻飼養或大量飼養的結果往往也會不一樣。

徐委員：世代的長短與食物的品質或溫度是否有關？像墾丁這樣比較熱帶的地方，一年的世代是否會比較多。

廠商：目前並沒有做到定溫定濕的條件下飼養，因此無法清楚瞭解是否與溫度或食物有關。

徐委員：如果螢火蟲在這裡一年可以很多代，你可以運用的時間和資訊就會比較多，但是如果它每年只在特定的季節出現，你就變成要另外針對這些季節去做規劃。

廠商：由於計畫從同意後開始到今年12月前結束，期間只有10個月不到。而大部

份螢火蟲的生活史往往長達一年甚至一年以上，因此要完成大部份生活史會有困難，但至少在種類上的記錄我們會做的很完整。後續如果狀況允許的話，我們很希望能夠繼續下去，因為就只差幾個月而已，很可惜。

李委員：國家公園應該也會願意支持吧？

馬委員：我們可以看看是否可以在年度後再撥個計畫來辦理。

主持人：第一點，希望將這次資源調查中生活史的部份，能出現在後續完整的報告裡面。由於本處於調查結果之後希望也能推行環境教育，例如本處的解說教育課在屏東縣國小裡的教案，以及墾丁這裡也有在推夜間觀察介紹螢火蟲。所以請廠商於期末時，提供墾管處於調查期間裡所完成的螢火蟲生活史的圖片，藉助那些圖片為本處後續推行環境教育時，有更完整的教材。

廠商：我們會儘量提供。不過由於牽涉到調查時間的問題，有些種類完整的生活史會有問題。

主持人：如果保育課有需要，是否將它另外提出明年度的沿續性計畫。

主持人：第二點，運用計畫書之研究方式的取樣與採集，是否可達預期效果。

廠商：本次的調查採樣方式與以往所進行的方式有很大的不同，目前的試用評估是可以達到我們預期的效果。

主持人：請以圖案方式，列出本次計畫執行中之器材大小、尺寸與規格，並將取樣點數、範圍大小、取樣次數頻度、每次取樣天數及人次等清楚於報告中寫入。例如：計畫書裡馬氏網中提到蒐集瓶、飛行攔截網中提到水盤以及埋入式陷阱等，缺少圖示及規格尺寸。又如：計畫書裡未說明調查採樣時，每次要多少時間。也未說明要設多少處掉落式陷阱，以及要多少時間再行前往檢視等。

廠商：後續的報告中會改進。

主持人：標記再捕的方式是如何進行？

廠商：標記的方式是在螢火蟲的翅背上以有色的油漆筆標記，這樣並不會影響它的飛行。這個方式與蝴蝶的標記方式是一樣。

主持人：GPS 所記錄之資料是否應該可以建制成我們的資料庫？是否有結合華衛二號？

廠商：我們會將所調查點的經緯度提供給墾管處運用。

主持人：疑問種的確認是在何時可以確認？

廠商：如果有再捕到時，即可確認；如果一直未捕到，則只能說未發現。

主持人：是否可以留一套標本放於本處？

廠商：如果墾管處裡可以保存的話當然可以。

林委員：我們似乎沒有標本館可以保存標本！

李委員：如果墾管處裡沒有能力去保存的話，建議先不要放在這裡，但是可以留下影像。

馬委員：至少標本之數位檔留一份給墾管處。

廠商：沒有問題。

主持人：計畫書裡請加入目錄表。

廠商：這點我們會改進。

馬委員：「生態保留區」之用詞應更正為「生態保護區」。

馬委員：計畫書中第3頁提到「比較不同取樣方式的成效與限制，找出最有效的組合方式，以做為未來長期監測的有效辦法。」，除了墾丁特殊的螢火蟲之外，大部份的種類以廠商多年的野外經驗，是否應該已掌握一套有效的方式？

廠商：以往對於螢火蟲資源調查均僅使用穿越線等定性方式調查，這些調查數據的有效性是相當薄弱的。在本計畫中的飛行攔截網及馬氏網等設定採集，在台灣其實也是剛使用不久而已，而用在螢火蟲的調查上這是第一次。會使用這兩種方式來進行螢火蟲資源調查，是因為在別的昆蟲上使用時，發覺對螢火蟲也有效！因此才會列入本計畫的採樣方式中。

馬委員：計畫書中第6頁對定量之比較就如主祕所講的，其採集方式、人力、地點以及選處等請標準化。

廠商：會改進。

馬委員：環境參數在非設定採集時會記錄溫度、濕度與照度，而在進行設定採集時是不是就不需要將上項參數記錄下來。

廠商：原則上在執行各次採集時均應將溫度、濕度及照度列入記錄，然而由於設定採集是定置24小時以上之網具，一則由於人力無法隨時在側，另則日、夜間之溫、濕照及照度均不斷改變，是故難以記錄。

馬委員：此次規劃是墾管處比較有計畫的調查，廠商之前與中山大學徐芝敏老師合作時之南仁山螢火蟲調查資料可否提供？

廠商：當初徐老師之所以未將該調查記錄列出，一則可能是因為該調查為個人於協助徐老師執行計畫時，另行所做的順道調查，並非為原計畫之重點；二則該調查於當時也看不出能突顯出任何訊息。不過有需要時，我們會與徐老師接觸，但是仍應尊重徐老師。

馬委員：廠商剛才提到說這類的計畫，有時需要一年或是必需要兩年才能有完整的週期。由於公部門對於編列研究經費時，需要一定程序及時間，是否可於這次調查評估後，針對螢火蟲這個物種通常一次要做幾年，然後多久之後要再做追蹤才能完成完整的資料建立提出建議，以做為我們在經營管理上的參考。

主持人：這點很重要，在年度編概算這樣才可以當做依據。

林委員：做調查是否一定要將蟲子弄死？

廠商：由於人力的限制，而且螢火蟲有時一出現數量龐大，人力再多也無法立即處理，所以讓蟲子死掉是為確定數量而不得不的方式，在進行調查時我們將會審慎行之。死去的蟲體我們會慎重的保留做成標本留做後續研究，讓死去的蟲子價值延續。其實我們的調查採集並不會影響當地的螢火蟲族群，因為我們所採集到的只是一小區塊裡的雄蟲。況且經過這麼一次完整的調查之後，所得的資料即可重覆使用不需要再另行採集干擾。

馬委員：為了希望同仁能夠參與瞭解以及往後之教育推廣之遂行，是否可以讓墾管處之志工參與調查工作。

林委員：墾管處現在也有在訓練一些生態員與解說員，如果可以的話廠商是否可以幫我們訓練這批授證的解說員。

李委員：志工其實並不一定要參與廠商的研究工作，志工在沒有培訓的情況下反而會影響研究品質，建議另外安排培訓課程。

廠商：由於調查時之不確定性頗高，過程中極可能會不斷修正，若研究初期為顧及志工之專業度及素養，將會影響研究之進行。我們可以將研究調查有一個成果之後，提供給志工或社區運用，這樣可能會比較不浪費時間。

主持人：社區志工的參與可能會打亂廠商現在原有的計畫。等這個案子結束後，保育課可以請廠商規劃成一個培訓課程。

主持人：接續方才林委員所提的，標本一定要讓它死嗎？例如黃裳鳳蝶在做調查時，是否也是需要一隻一隻把它弄死才可以算數量？

李委員：螢火蟲太小與黃裳鳳蝶不同，而且螢火蟲的數量其實是很多的，為了調查一整年或整個月的確實資料，其實是有必要的。

徐委員：在此我來說明一下讓各位安心，昆蟲在生態學上是屬於「R」顯態的生物，它們的天敵很多，是故繁殖能力高。假如雌蟲可以產下 300 粒卵，其實到最後只能剩下 2 隻順利羽化，因此針對它們的保育是以棲地保育。舉例各位每天打蚊子，蚊子並沒有因此而少掉一些吧！因此人為的研究採集，可以視為它們在野外被天敵捕捉一樣。

主持人：所以在這次調查中不得不還是得讓螢火蟲死掉？

李委員：這是達到目標的有效方法。

徐委員：這是有限度的去蒐集存證標本，我相信他們的取樣一定會有限度、很謹慎，而且會將標本保留下來供後人研究。

林委員：何謂定量？

廠商：定量指的是當時環境裡的相對量，例如一塊網子在甲地能採到 10 隻，在別處只能採到 1 隻，這之間就可以比較不同的相對量。

林委員：活的蟲子無法達到我們要的數據嗎？

廠商：蟲子死掉的原因是，我們不見的能隨時在陷阱旁守候，蟲子落入蒐集瓶內久了自然也會悶死。

李委員：我補充一下，要是蟲子在蒐集瓶裡是活的，它們會自相殘殺；況且誘集時可能也會採到螳螂等捕食性昆蟲，會把螢火蟲都吃光。

主持人：在此我們仍要感謝林委員再三為螢火蟲請命。

李委員：陷阱的選定可能要注意一下，你們馬式網的蒐集瓶一定是用氰酸鉀，在墾丁地區可能放一個月後標本就會乾掉，所以建議考慮以濕性方式進行。可以在容器內放高濃度的鹽水，這樣的標本會比較軟。飛行攔截網的容器除了可以放鹽水之外，為了怕其他動物取食，我們還會放入酸性物質。掉落式陷阱裡頭不一定要放蚯蚓或腐肉，因為可能會誘集到其他不要的昆蟲，放餌與不放餌，或者可以進行比對參考，另外要注意放餌與保存液混合時，是否會產生反效果。要多注意墾丁地區溫度較高，提高標本的蒐集頻度。

馬委員：由經費預算中看起來是每個月是 3 人 5 晚

廠商：5 個晚上，每個月 2 次。

林委員：蒐集瓶內一定要放氰酸鉀嗎？

廠商：氰酸鉀均置放於容器內，不會污染環境。目前是最好用材料。

主持人：這就是我剛才所講的人次、人數、取樣頻度等等，計畫裡沒有將這些說明寫清楚！再提一個很小的問題，在計畫書裡應該要放入所有參與人員的同意書與學歷證明以為證明。

廠商：是，我們投標的經驗不足，會儘快補上。

主持人：不知道各位委員還有沒有意見。沒有的話就我想就讓廠商的簡報審查到此為止，請各位休息一下。

簡報結束，時間 15 時 35 分

附錄五 期中審查會議紀錄

「墾丁國家公園螢火蟲資源調查及應用」委託辦理案期中審查會議

開會日期：中華民國 98 年 7 月 13 日下午 2 時 0 分

記錄：郭筱清

郭筱清

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主持（召集）人：李副處長登志 李登志

出席單位及人員：

陳燦榮 先生（鄭明倫 博士）

陳燦榮 鄭明倫

國立臺灣師範大學生命科學系 徐教授瑋峰

行政院農委會農業試驗所 李副研究員奇峯

李奇峯

墾丁國家公園管理處：

馬振祥 王雪芬 簡和成

唐浩軒 許翠玲

蔡乙榮 郭曉敏

謝桂娘

陳明發

陳三武

林瓊瑤 陳翠萍

會議開始：14：15

討論：(摘要)

副座：報告中所有提到的螢火蟲都有看到了嗎?

陳燦榮：有十六種是已經確定在這次調查裡都有看到，且都有做存證標本。其他沒確定的就是先把它記錄下來，是不是也會發現新種或是沒有再出現過的個體，這都有可能。

李奇峰委員：每個月調查2次，每次調查時日多久?

陳燦榮：最少是3~4天。

李奇峰委員：你們每次夜間觀察都花多少時間?還有螢火蟲活動的時間是多久。

陳燦榮：1個小時，從螢火蟲開始出來的那個時間就開始做調查，然後每半個小時一個階段，但是在兩個階段的中間會做整理，目前記錄做過最快是大概八點多時候結束一個晚上的作業。

李奇峰委員：那多少個樣點呢?

陳燦榮：3個點，就是固定定量調查的3個點。

李奇峰委員：所以說樣點一定都要很近囉，不然你們怎麼能這個點到另外一個點調查。

陳燦榮：是不同天，在三月九日計畫確定之後，我們就很密集的下來做環境調查，也請當地的人協助。可是我們做了評估之後，穿越線定量採集的點，第一個點設定在萬里德山三月底才決定；第二個點是在四月初上旬選擇到分水嶺岔路；第三個到四月下旬才決定是南山路，原因是因為我們要去試哪個點代表性比較夠。

李奇峰委員：夜間採集都是一天集中一個地方嗎?

陳燦榮：是的，在一個地方兩個人同時在同一個地方調查。

李奇峰委員：那是一個小時嗎?

陳燦榮：是，不包含記錄，就是光採捉這個動作一個小時。

李奇峰委員：那一些遊客去的地方預計要調查嗎?例如森林遊樂區。

陳燦榮：森林遊樂區不屬於墾管處管轄範圍，所以沒辦法進行調查。

李奇峰委員：那社頂你們也有做調查嗎?

陳燦榮：有，是做定性的部分，其實我們發現到社頂雖然有螢火蟲，但是他的種類單純，就是那兩三種而已，所以在多樣性的部分就沒有把社頂這個點，當做調查

的方向，我們是做陷阱。

李奇峰委員：有做陷阱，那也有做白天的穿越線調查嗎？那社頂的路線不是非常的多，你們都是走同一個路線嗎？

陳燦榮：白天就是一般定期的調查，社頂調查的路線不一定會一樣，但區塊就差不多。

李奇峰委員：還有取樣點的問題，像有些完全沒有蟲的地點，是代表所有昆蟲都不往那邊跑嗎，還是只有螢火蟲不往那邊跑。

陳燦榮：之前還不敢確定，但是在六月份發現到很有趣的現象，尤其在最近定性這一兩次，大部分的蟲都不見了，連陷阱採樣以前在四月份五月份，除了螢火蟲之外會有一些其他昆蟲，但是在六月份的量整個都沒有。

李奇峰委員：那是一般性的問題，可是你不是說有些點幾乎都沒有螢火蟲出現嗎？

陳燦榮：如果設的陷阱一兩次都沒有出現螢火蟲的話，我們會轉移。

李奇峰委員：那陷阱有沒有其他昆蟲出現？

陳燦榮：也沒有。

李奇峰委員：所以有時候你們也可以用昆蟲來當差別，說那個是不是昆蟲不喜歡活動的途徑。

陳燦榮：是，其實我們在報告有提過，要作調查設陷阱的那個點的選定，目前有一個想法就是，我們可以做一些簡單的陷阱來做多方面的試驗，然後再來選一堆點來做真正的採樣。

李奇峰委員：這樣的確比較理想，因為有時候我們看的點覺得好，但是對昆蟲來說不一定會覺得不好。像有的地點不是很好，但是昆蟲就很喜歡飛。

陳燦榮：有這樣的一個情形，像里德往山海瀑布路段感覺地點就不是很好，昆蟲的量就很多。

李奇峰委員：所以要是先測試的話，就可以找出好幾個好地點。

鄭明倫：跟大家解釋一下，因為在設定飛行攔截網大概一個半小時到兩個多小時，要組要拆都很費時，所以大概不會因為一次兩次沒蟲就把它拆掉，會再評估一到兩個月，如果真的沒有那就必須把它拆掉換地方。那我們在後面建議跟討論的地方有舉出一個想法，如果墾管處有要作類似的調查，因為這邊同仁都是在地，所以譬如說可以在一些地方做一些簡易的陷阱，但因為這些簡易的陷阱沒辦法撐很久，所以可能三天五天去看看有沒有東西，可是像我們是十幾天下來，所以我們沒辦法做簡易陷阱，那簡易的陷阱放在那邊蟲子泡到最後一定會爛掉，沒辦法

看到前測試，因為前測試也不可能說第一天在這等一個晚上就看的到結果，因為攔截網本來就要等一段時間了，那如果要作一些簡易的陷阱的話，譬如說保育課要做一些調查的話可以做一些簡易陷阱，看看哪個地方比較適合。合適的話就在這邊做比較永久性的陷阱，這樣會比較好一點。

李奇峰委員：其實這是很好的建議，由於外來的團隊他們可能比較沒有時間去做，他們可能需要當地或管理處願意去協助這種東西的話，可以做得更有效率一點。

馬課長：設陷阱的形式是如何決定？根據要捕捉的種類？或者棲地環境？蟲體特殊行為(例如停棲在樹上不易捕得)，是否會影響有關於「族群量」的估算。若排除人為干擾因素(如被破壞或盜用)，是否能判斷何種狀況下使用哪一種類型陷阱較適當。

鄭明倫、陳燦榮：陷阱形式選點有考慮其安全性，也擔心遭竊及重量問題。透過先前經驗，飛行攔截網是較適當的陷阱捕捉方式，當然我們也會持續測試其他方法在不同地點。第2個問題，實際量的確認當然有困難，但是透過相同的調查方法，固定的地區、時間，我們還是可以取的相對的量值，來判斷實際狀況。還有透過一些族群動態的調查方式，我們還是可以看出一些族群量起伏的規律。「有效性比」是同一時間點內到底有多少雌蟲可供交配，下到地面的雌蟲是準備產卵的。

李奇峰委員：建議以採集再捕捉的方式估算族群量。

鄭明倫：這是非常浩大的工程，如果明年還有延續計畫的話，希望能聚合眾人之力作這樣的估算調查。

陳燦榮：這個在我們今年的研究來說，人力調度非常困難。以前有做過，可以的情況下就來做。

其餘(略)

蔡乙榮：社頂有一個點是部道路口往環頸雉舍那條路再往下可到一個峽谷，提供螢火蟲可能出現點的參考。

陳燦榮：感謝提供，我們近期會找時間去瞭解。

會議決議：本案審查結果—通過。

散會時間：98年7月13日下午15時43分

附錄六 期末審查會議紀錄

98 年度「墾丁國家公園螢火蟲資源調查及應用」委辦勞務 期末審查會議紀錄

壹、開會日期：中華民國 98 年 11 月 23 日下午 2 時 記錄：郭暉嫩

貳、開會地點：墾丁國家公園管理處行政中心中型會議室

參、主持（召集）人：林處長青 *(林欽旭代)*

肆、出席單位及人員：

陳燦榮先生 *陳燦榮* *鄭明峰*

國立臺灣師範大學 徐委員堉峰 *徐堉峰*

行政院農業委員會農業試驗所 李委員奇峰 *李奇峰*

內政部營建署

墾丁國家公園管理處 *林欽旭*

陳文成 *謝桂禎* *林文敏*

郭暉嫩 *吳協峰*

伍、會議紀錄：

受委託單位報告：陳燦榮先生報告（詳如期末報告書）

林秘書欽旭：

1. 明年是否有編列本計畫經費以補齊一年資料？
2. 請問固定陷阱採得之5種109隻是否為3種陷阱總採獲數量？
3. 本計畫中有4種螢火蟲僅見幼蟲，明年是否有可能發現成蟲？
4. 有些道路工程迫於現實面而無法避免，是否能以施設生態廊道的方法解決？

謝約聘桂禎：明年有編列本計畫經費，且列為優先考慮計畫。

陳燦榮先生：

1. 固定陷阱採得之5種109隻為3種陷阱總採獲數量。
2. 僅見幼蟲的4種螢火蟲，依生態習性而言，有些種類在明年一或二月或許可發現成蟲。
3. 螢火蟲為面狀分布，且相當分散，無法以生態廊道引導。因螢火蟲喜於潮濕環境，故道路應儘可能保持土壤路面。

謝約聘桂禎：企劃課之前曾加會本課有關滿州鄉公所擬於港口溪河口砍樹除草的公文，但要完全把關仍有困難。

陳燦榮先生：可針對幾個重點區塊進行保護工作。

李委員奇峰：請問對螢火蟲影響較大者為除草劑或除草？

陳燦榮先生：除草劑影響較大。調查時曾發現有幾個樣點除草反而較好。

林秘書欽旭：請林主任文敏對調查樣區中相關地主加強宣導勿使用除草劑。

徐委員堉峰：

1. 建議明年繼續執行本計畫。
2. 樣區定性資料不夠詳細，應再補充說明，如：當初選擇這些樣區的原因、各樣區間的差別、植被類型、棲地類型屬溪流、湖泊或濕地。
3. 報告中可解釋說明「素木標本」，將更具有教育意義。
4. 台灣的螢火蟲中，多化性與一化性的比例為何？墾丁的氣候分乾濕季，螢火蟲出現是否與乾濕季有關？乾濕季以大尺度考量即可，探討螢火蟲出現於乾季或濕季及其原因。
5. 圖表目次中馬氏網及三用網前面不要加上「博視公司」，只要在方法中說明即可。

陳燦榮先生：台灣螢火蟲多化性與一化性的比例尚待整理。

謝約聘桂禎：恆春氣象站有詳細的氣象資料，可上網查詢。

李委員奇峰：

1. 未來可加強說明墾丁國家公園螢火蟲相與其他國家公園的差異。
2. 本計畫所進行之標記再捕法是否可行？如何改善？

鄭博士明倫：因為進行標記再捕法的時間在十月上旬與十一月上旬，並非螢火蟲發生盛期，所以再捕獲的情形很少，此外，標記再捕法需要花費很多時間。

謝約聘桂禎：螢火蟲活動範圍多大？若活動範圍很大，以目前標記的數量而言，應該很難回收。

鄭博士明倫：以本計畫而言，應該是因為標記的量不夠多，導致回收效果不佳。

李委員奇峰：

1. 建議加強社區教育，舉辦標記再捕法的訓練。
2. 能否進行幼蟲標記再捕法的調查？

陳燦榮先生：幼蟲會蛻皮，不適合進行標記再捕法的調查。

李委員奇峰：馬氏網只設置一座，採集結果無法與其他陷阱比較，應至少設置2~3座，且將時間拉長，才能得知其間差異。最好的方法就是同一地點不同陷阱各設一座。

鄭博士明倫：兩座三用網與飛行攔截網位置相鄰。報告中有提及馬氏網日均採獲量為單座累積採獲量的日平均，而飛行攔截網日均採獲量為8座累積採獲量的日平均，所以馬氏網及三用網約20天採獲1隻蟲，而飛行攔截網則是6~7天採獲1隻蟲。

李委員奇峰：若陷阱只設一座，很容易受到天候影響。

鄭博士明倫：陷阱設置位置會影響採集結果。

徐委員堉峰：建議報告中附上每個樣點調查到的種類及幼蟲照片，最好再附上檢索表，增加物種辨識功能。

林秘書欽旭：合約書中有要求提供照片。

李委員奇峰：是否要另外製作解說手冊？

謝約聘桂禎：

1. 本處製作解說手冊程序為先進行研究調查，調查結束後將成果交由解說課進行手冊編製。
2. 昆蟲族群動態年間變化大，長期監測才能有較完整的結論。

3. 請問港口溪以北和以南的螢火蟲種類及物候有何差別？港口溪以北的樣線似乎比較多。

陳燦榮先生：種類有明顯差異，尤其在靠近社頂一帶，不知道是否與高位珊瑚礁濕度較低有關。條背螢和姬脈翅螢主要發現於社頂地區，不見於南仁山地區。港口溪以北林相較豐富，應該會有較多螢火蟲。

林主任文敏：南仁山地區環境應該很適合螢火蟲生存，但調查結果卻顯示種類和數量並不多，是否因遊客人數太多造成？

陳燦榮先生：南仁山螢火蟲歧異度較分水嶺高，但較萬里得山低，應該不是因為人類活動所致。

謝約聘桂禎：可能是食物量造成歧異度差異。

陳燦榮先生：可能是因為濕度造成差異，而濕度增加食物量也會增加。

陳技士玄武：但是南仁山3.2K 處濕度高，為何螢火蟲數量低？

陳燦榮先生：

1. 可能是網具或採樣點的問題。我們曾實際觀察整條步道的螢火蟲出現情形，發現3.4K 以上螢火蟲種類多但數量少。
2. 今年11 月初未見山窗螢，直到昨天才發現7 隻，但86~87 年11、12 月調查卻有200~300 隻的紀錄。

鄭博士明倫：萬里得山穿越線最長，而且地貌變化大於南仁山穿越線，所以調查到較多物種，但若以整條南仁路當作一條穿越線，則螢火蟲種類應該很多，然而我們沒辦法來回走完全程，且夜間危險性高。

陳技士玄武：南仁路或南山路應改為「南仁山步道」或「南仁山環境教育步道」。

林秘書欽旭：可否再增設一條穿越線？

鄭博士明倫：我們一個月做2 次調查，每次調查都要做完3 條穿越線，3 條穿越線需花費3 個晚上的時間，所以已無多餘時間再做另一條穿越線。若明年仍有計畫，可能考慮從3 條穿越線中選1 條進行調查，或維持原來3條。

陳燦榮先生：剛開始選擇這3 條穿越線是因為螢火蟲數量多，且交通便利、山形連續，直到後來調查才發現數量波動。若要找新的穿越線，可能也會遇到同樣問題。

陳技士玄武：

1. 報告中有提到大漢山林道為參考點，但卻沒有相關資料，而墾丁國家公園西半部調查結果亦未見於報告中。
2. 不同季節的調查時間不同，是否依月光亮度調整，而不同調查時間會否影響調查

結果？

3. 是否能統計陷阱採獲的其他昆蟲量？
4. 是否能分析穿越線調查結果與氣候資料之相關性？
5. 請老師將詳細調查結果附於附錄中。

陳燦榮先生：墾丁國家公園西半部之調查未發現螢火蟲。

鄭博士明倫：

1. 當初選擇大漢山林道作參考點是因可做玉山國家公園與墾丁國家公園的中繼站，且已有不定期調查，但在八八風災道路封閉後，大漢山林道的調查即告終止。在大漢山林道有發現赤腹槲角螢，而恆春半島僅有文獻紀錄，或許可供作參考。此外，大漢山林道上不見黑翅螢，則恆春半島沒有黑翅螢的機會應很大。可附上大漢山林道螢火蟲名錄，但因調查未滿一年，所以並不完整。初步調查發現大漢山林道螢火蟲物候與西部地區較相近，而與恆春半島不大相同。
2. 月光太強會影響螢火蟲之調查採集，至於月光亮度是否影響其數量則未知，因無法同時進行有無月光之比較，而不同時間調查又無法得知為時間影響抑或亮度影響。目前沒有相關文獻。
3. 統計其他昆蟲量有其困難性。九棚地區相當特殊，其環境屬次生林，而且多為九芎，但是採獲螢火蟲的量較高。根據經驗發現干擾地的螢火蟲較多，一般而言，螢火蟲喜歡在森林邊緣，我們常在道路兩旁發現很多螢火蟲，但進入原始林後卻看不到。南仁山步道整條路段的物種很多，但若僅調查200~300公尺，可能無法看到這麼多種類。

陳燦榮先生：進行南仁山步道觀察時，發現從終點往起點沿線螢火蟲群聚組成變化相當大。若要進行整個步道調查，可能需要10個人。

郭技佐暉嫩：請問報告中「棲群」及「社群」是否同為「community」。

鄭博士明倫：「棲群」及「社群」即為「community」。

林秘書欽旭：請馬課長評估本計畫明年之延續性，以完成一整年的調查資料。

馬課長協群：本計畫原本未編列明年經費，但可從明年既有經費中挪用。明年本計畫將結合社頂螢火蟲生態旅遊。

林主任文敏：滿州生態旅遊路線—欖仁溪能否再增加一個測站？

陳燦榮先生：目前人力不足，而且該路線會經過檳榔園，測站可能會受到干擾。我和鄭明倫博士可再討論看看。

林主任文敏：有幾個社區解說員以前在恆春農場做螢火蟲復育，可配合調查。

林秘書欽旭：報告格式請再行修改。服務企劃書評審會議紀錄及期中、期末會議紀

墾丁國家公園螢火蟲資源調查與運用

錄應附於報告附錄中。

會議結論：本案審查結果—通過

陸、散會時間：98 年 11 月 23 日下午 3 時 40 分

參考文獻

- 朱耀沂。1969。廿世紀以前臺灣昆蟲學之研究。臺灣省立博物館科學年刊 12: 100-118。
- 朱耀沂。2005。台灣昆蟲學史話。玉山社，台北市。
- 朱耀沂、蕭美玲。1981。所謂素木標本 (Shiraki Collection) (甲蟲部分) 之概略。中華昆蟲 2: 26-32。
- 朱耀沂、林美容、劉良德。1988。墾丁國家公園昆蟲相及蜘蛛相之調查研究。保育研究第 48 號，墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 朱耀沂、楊平世、林美容。1986，墾丁國家公園區昆蟲相之研究。保育研究第 36 號，內政部營建署墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 利嘉林道發展協會。2005~2008。利嘉林道螢火蟲調查(一)、利嘉林道螢火蟲調查名錄(二)、970730 利嘉林道螢火蟲調查名錄。以上下載檔案見 <http://www.treehome.org.tw/e-treehome.htm>。
- 何健鎔。1998。黑暗中的小燈籠—螢火蟲。特有生物研究保育中心，南投縣集集鎮。
- 何健鎔、朱建昇。2002。台灣賞螢地圖。晨星出版社，台中市。
- 何健鎔、姜碧惠。2002。螢光水影，水生螢火蟲的保育與復育。特有生物研究保育中心，南投縣集集鎮。
- 林耀松。1984。墾丁國家公園生態資源調查報告(三)動物生態景觀。內政部營建署，台北市。
- 吳婉君、彭仁君。2007。台灣窗螢(鞘翅目：螢科)棲地環境因子與族群變動。台灣昆蟲 27: 31-45。
- 陳仁昭。2007。高屏地區賞螢手冊。行政院農業委員會屏東林區管理處，屏東縣屏東市。
- 陳維壽。1985。南仁山區水棲昆蟲之初步調查報告。保育研究第 3-4 號，墾丁國

- 家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 陳燦榮。1999。台灣螢火蟲生態導覽。田野影像出版社，台北市。
- 陳燦榮。2003。台灣螢火蟲。田野影像出版社，台北市。
- 張念台、陳仁昭、許文綺。2000。南仁山長期生態研究區螢火蟲調查—並論生態區之相似性比較。中華昆蟲 20: 57-61。
- 葉慶龍。1994。恆春半島山地植群生態及其保育評估。台灣大學森林研究所博士論文，台北市。
- 楊平世。1988。火金姑。中華民國自然生態保育協會，台北市。
- 楊平世。1991。南仁山區之昆蟲及其生態研究。墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 楊平世、李春霖、顏聖紘、鄭明倫。2001。墾丁國家公園的昆蟲。墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 趙仁方。2005。利嘉林道螢火蟲生態初步調查。農委會林務局台東林管處委託研究計畫成果。<http://www.forest.gov.tw/public/Attachment/671911381771.pdf>
- 歐素瑛。2006。素木得一與台灣昆蟲學的奠基。國史館學術集刊 14: 133-179。
- 鄭明倫、賴郁雯、楊平世。1999。台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、楊平世。2005。日夜皆會尋找配偶的大端黑螢(鞘翅目：螢科)。台灣昆蟲 25: 203-209。
- 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。
- 謝長富、孫義方、謝宗欣、王國雄。1991。墾丁國家公園亞熱帶雨林永久樣區之調查研究。保育研究報告第 76 號。墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 蘇鴻傑。1986。墾丁國家公園蘭科植物相及其保育之研究。保育研究第 41 號。墾丁國家公園管理處，屏東縣恆春鎮。
- 蘇鴻傑、蘇中原。1988。墾丁國家公園植群之多變量分析。中華林學季刊 20(1):

1-14。

- Ballantyne, L.A. and C. Lambkin. 2009. Systematics of Indo-Pacific fireflies with a redescription of Australian *Atyphella* Olliff, Madagascan *PhoturoLuciola* Pic, and description of seven new genera from the Luciolinae. *Zootaxa* 1997: 1-188.
- Jeng, M.-L., P.-S. Yang, and J. Lai. 2003a. Notes on the genus *Luciola* (Coleoptera: Lampyridae, Luciolinae) of Taiwan. *Spec. Bull. Jpn. Soc. Coleopterology*, Tokyo 6: 247-262.
- Jeng, M.-L., J. Lai, and P.-S. Yang. 2003b, Lampyridae: a review of aquatic fireflies with description of a new species. Pp. 539-62. *In* M.A. Jäch and L. Ji. (eds.) *Water Beetles of China Vol. III. Zoologische-Botanische Gesellschaft in Österreich and Wiener Coleopterologenverein; Wien, Österreich.*
- Jeng, M.-L., P.-S. Yang, and M. Engel. 2007. The firefly genus *Vesta* in Taiwan (Coleoptera: Lampyridae). *J. Kansas Entomol. Soc.* 80: 265-280.
- Jeng, M.-L., J. Lai, P.-S. Yang, and M. Satô. 1999. On the validity of the generic name *Pyrocoelia* Gorham (Coleoptera, Lampyridae, Lampyrinae), with a review of Taiwanese species. *Jpn. J. Syst. Entomol.* 5: 347-362.
- Jeng, M.-L., P.-S. Yang, M. Satô, J. Lai and J.-C. Chang. 1998. The genus *Curtos* (Coleoptera, Lampyridae, Luciolinae) of Taiwan and Japan. *Jpn. J. Syst. Entomol.* 4: 331-47.
- Kano, T. 1931. Three unrecorded fire-flies from Japan Empire. *Kontyu* 4: 242-245. [in Japanese]
- Lall, A. B., H. H. Seilger, and W. H. Biggley. 1980. Ecology of colors of firefly bioluminescence. *Science* 210: 560-562.
- Linnaeus, C. 1767. *Systema Naturae* Vol. I. Part II. (p. 645 for *Lampyris chinensis* L.)
- Lloyd, J.E. 2002. Lampyridae Latreille 1817. Pp. 187-196. *In* R.H. Arnett, Jr., M.C. Thomas, P.E. Skelley, and H. Frank (eds) *American Beetles Vol. II.* CRC Press,

- Boca Raton.
- Matsumura, S. 1918. The fireflies of Japan. Education Illustration Post 6(3): 82-89.
[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. 1967. On the genus *Cyphonocerus* Kiesenwetter in Japan and Formosa (Coleoptera: Lampyridae). Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo 10(1): 7-9.
- Nakane, T. 1977. New or little-known Coleoptera from Japan and its adjacent regions. Fragm. Coleopt. 22/24: 88-96.
- Nakane, T. 1991. Lampyrid insects of the world. Pp. 3-11. In The Association of Natural Restoration of Japan (editorial commission) The Reconstruction of Firefly Environments. Reconquista, Special No. 1. Saiteku, Tokyo. [in Japanese with English summary]
- Ohba, N. 1983. Studies on the communication system of Japanese fireflies. Sci. Rept. Yokosuka City Mus. 30: 1-62.
- Ohba, N. 1997. Twenty years with fireflies — an outline of research in Japan. Insectarium 34(5): 4-18. [in Japanese]
- Okada, Y. 1931. Notes on the scientific names of the Japanese fireflies. Zool. Mag. 43: 130-149. [in Japanese]
- Olivier, E. 1911. Lampyrides rapports de Formosae par M. Hans Sauter. Ann. Mus. Genova 45: 209-210.
- Olivier, E. 1913. H. Sauter's Formosa-Ausbeute: Lampyridae (Col.) Entomol. Mitteil. 2: 269-272.
- Pic, M. 1911. H. Sauter's Formosa-Ausbeute. Cantharidae, Lampyridae, Mordellidae (Col.). Deutsch. Entomol. Nat. Bibl. 2: 188-189.

Pic, M. 1944. Diagnoses génériques et spécifiques. *Opuscula martialia* 12: 1-16.