

國家公園螢火蟲復育研究計畫
The Fire-flies Recovery Plan of National Parks
(Coleoptera: Lampyridae)

計劃主持人：楊平世

委託單位：內政部營建署玉山國家公園管理處
陽明山國家公園管理處
雪霸國家公園管理處
太魯閣國家公園管理處
墾丁國家公園管理處
金門國家公園管理處

研究人員：賴郁雯、陳明發、葉淑丹

研究單位：中華民國自然生態保育協會

中華民國八十六年一月

目次

摘要（中文）	2
摘要（英文）	3
緒言	4
螢火蟲研究簡史	6
螢火蟲之生態及發光機制	7
螢火蟲之生態	8
螢火蟲的發光機制與目的	11
螢火蟲消失的原因	12
研究方法與調查範圍	13
調查結果	13
建議	16
保育解說方面	16
經營管理方面	19
未來展望	21
日本推行螢火蟲復育工作之考察	22
誌謝	26
主要參考文獻	27
附表一	31
附錄一、臺灣產螢科昆蟲名錄	32
附錄二、螢科成蟲檢索與幾種成蟲形態描述	35

摘 要

本計劃自八十五年二月至八十六年一月對臺灣地區五個國家公園及金門國家公園區域內及其週邊的部份，進行以螢火蟲的分佈、出現時間、棲地環境特性與評估復育工作時可能面臨的問題進行初步的調查與探討。在進行現地調查時，限於人力與氣候因素的限制，各選擇每一國家公園中的一至二點或景觀步道沿線為主，尚無法對各國家公園進行大規模的廣泛性調查；調查方式以夜間目視網捕法採得成蟲，但通常於黃昏之前即已到達預定調查地點；而螢火蟲幼蟲則亦於夜間以目視撿拾法同時進行；所採得蟲體皆帶回室內飼養觀察與鑑定種類，根據目前初步所累積資料顯示在玉山國家公園內至少有十二種，雪霸國家公園有十一種，陽明山國家公園有八種，太魯閣國家公園有六種，墾丁國家公園有四種，金門國家公園則只有兩種螢火蟲的記錄，而扣除重覆記錄的種類，我國六處國家公園的螢火蟲種類至少應有十三種。本文除表列各國家公園出現的螢火蟲的種類外，並將就棲地特性與其所面臨的問題，分從保育研究與經營管理兩部份，提出說明與建議；另外並將臺灣與世界的螢火蟲研究簡史、螢火蟲之生態、發光機制、螢火蟲族群縮減消失的原因及未來計畫執行的展望方向分別提出綜述，最後並對赴日本考察當地螢火蟲復育活動背景與實際作法提出報告，以爲各國家公園處就當地不同的環境特點，日後實際進行硬體規劃與宣導時之參考。

ABSTRACT

From February 1996 to January 1997, a primary survey and study for the topics of distributions, periods of adult's appearance, characteristics of habitat environment and the possible problem while working on recovery of fire-flies was conducted on all five National Parks of Taiwan area and the Kin Men National Park, Fu Jien Province. One or two points or trails of landscape were chosen as the regular location of investigation of each national park under limited conditions. All activities of investigation were conducted on night-time and took a looking for both adults and larvae by netting or picking and bring collections back to indoor for further rearing, observation and identification. According to the materials so far, at least 12 species of fire-fly distributed in Yu Shan National Park, 11 species in Shei Pa National Park, 8 species in Yang Ming Shan National Park, 6 species in Ta Ro Ko National Park, 4 species in Ken Ting National Park and 2 species in Kin Men National Park. Not including the species of distributing over two or more National Park, there are totally 13 species of fire-fly being recorded currently in all six National Parks. This text contains a brief researching history on Taiwan and in the world, the ecology, a introduction to the mechanism of light production, causes of population decreasing and the Taiwanese name-list of fire-fly, and the future executing overviews of recovery plan. Meanwhile, the experiences of Japanese recovery of fire-fly are reported which might be the references of fire-fly recovery of Taiwan in order to make a appropriate construction and planning depending on the different environmental characteristics of each Parks.

一、緒 言

台灣位處熱帶、亞熱帶，全島面積中有 52%為森林所覆蓋，林地之中又有 62%維持原始狀態；島上動植物種類繁多，其生物歧異度(diversity)在學術研究與生態保育占有極重大意義。國家公園為保護國家特有自然風景、野生物及古蹟，並供國民育樂及研究，自七十三年以來陸續成立有墾丁、玉山、陽明山、太魯閣、雪霸及金門等六座國家公園，前五座在台灣本島區域所涵蓋面積約占 8.4%，為生物提供一完整的生態環境。

昆蟲乃生態系中重要成員，在國家公園內亦為主要動物資源之一；在分類學上屬於節肢動物門之昆蟲綱，台灣已訂名昆蟲種類有一萬七千餘種，是已知動物種類最多的一群，國家公園對於昆蟲相之調查雖不遺餘力，但對於特殊物種並未深入研究。以螢火蟲為例，螢火蟲是夏季常見的昆蟲之一，台灣已知種類有 40 餘種(Satô,1995)；後經增訂(賴及楊,1996)已知者共有 44 種(見所附名錄)，但國人對螢火蟲的研究是少之又少，除少數舊有文獻記載外，實有必要對於螢火蟲投入更多的研究與關懷；又由於我們的生活環境隨時都遭到劇烈的改變，野生動物棲息環境也隨著我們人類開發的改變而受到相當大的破壞，螢火蟲也可以當作當地環境變化之一種指標生物，而國家公園成立之後，並未對螢火蟲資源進行相關生態研究，故本研究擬以四年為期盡速建立螢火蟲有關資料，以期在還沒有遭受人類刻意環境干擾之國家公園區域內作有關生態與保育或復育，瞭解環境變遷過程中與螢火蟲所扮演的角色，並藉生態之旅及生態展示螢火蟲的方式，以喚起國人對環境品質的重視。

螢火蟲逐漸消失的原因不外乎：(1)棲地遭到破壞：不論是水棲或陸棲種類，一旦棲地遭到破壞螢火蟲便很難存活，螢火蟲便逐漸消失；(2)水污染引起

環境劣化：家庭廢水、工業廢水及農業廢水均會造成水質劣化而不適合其食物－水生螺類及昆蟲的生長，同時也直接為害其幼蟲；(3)農藥大量使用：包括殺蟲劑、除草劑及殺菌劑等大量使用，直間接對螢火蟲及其食物鏈造成衝擊；(4)河道、溝渠水泥化：水棲種類因化蛹場所在河岸或溝渠兩岸，因水泥砌成使其缺乏自然化蛹場所。另外，溝渠水泥化也影響水流速度及水中微環境，對螢火蟲幼蟲造成不利影響；(5)光害：光會直接影響螢火蟲之求偶，致使螢火蟲遠離人類活動的環境（勝野,1968;大場,1986;小野奈,1989;楊,1988）。

其實，這也是許多工業化國家螢火蟲逐漸消失的原因。以日本為例，1924年被日本政府列為天然紀念物之源氏螢(*Luciola cruciata*)亦因棲地破壞及環境衝擊而瀕臨絕種（中根及大場,1984;栗林,1989），最後由生態保育界人士提出積極保護之呼籲，並結合許多民間團體在當地博物館、動物園及學者專家協助之下，陸續成立大約 500 個「螢火蟲守望會」、「螢火蟲保護協會」之類的團體，以共同維護當地環境及飼養復育、野放的方式，並藉「螢火蟲祭」、「螢火蟲觀察之旅」、「螢火蟲研習活動」、「螢火蟲研討會」....等宣導、教育策略，喚起全民重視環境品質，並同維護社區環境（未具名,1991,1992;藤永,1992）；由此可知螢火蟲這種發光昆蟲不但令人懷舊，也是喚起人類從逐漸劣化環境中覺醒的指標動物。是故，螢火蟲除了充滿人文、藝術情懷之外，也兼具自然和生態保育色彩。所以，保護螢火蟲的運動不但是科學的、自然的、生態的，也是具有濃厚的人文、鄉土的意識。

根據文獻記載台灣產螢火蟲有 10 屬 40 種(Satô,1995)，但據作者多年之採集經驗應不止這些種類，目前最少有 44 種（楊及賴,1996），有關螢科名錄及中名、學名如附；惟螢火蟲之分佈、生活史、棲地環境、食物....等，猶待進一步研究。近幾年來，有關螢火蟲之調查研究，除楊等(1990,1991,1992)在進

行昆蟲資源調查有零星之記錄外，僅張（1994，未發表）之研究；故欲保護這種動物資源，除廣泛蒐集相關文獻，作綜合評述之外，亦應就台灣地區種類調查、分佈、棲地生態進行深入研究。另外，對於水陸棲具有觀賞及保育價值之螢火蟲，亦應探討其大量繁殖之方法和技術，以為推廣解說教育、展示及保育研究之依據。

二、螢火蟲研究簡史

螢火蟲(firefly)的正式研究報告始於 1758 年，Linnaeus 在第十版的“Systema Naturae”中；將所有的螢火蟲歸於菊虎 (Cantharis)的一屬；Oliver(1907)正式成立了 Lampyridae (螢科)，並將其置於 Malacodermata (菊虎總科的前身)；Crowson(1955)則將螢科移至 Cantharoidea (菊虎總科)，現今的學者大多依循這樣的分類方式。

螢火蟲的分類地位屬於鞘翅目 (Coleoptera)，多食性虫甲亞目，菊虎總科 (Cantharoidea)，螢科(Lampyridae)(Crowson 1955)。其下分為七個亞科 (subfamily)，八個族 (tribe)，七個亞族 (subtribe)，92 屬 (genus)，共約有 1890 種 (McDermott 1966)。近年來，陸續有學者發表新種報告，所以全世界的螢火蟲種類約有 2000 餘種。螢火蟲為軟鞘類甲蟲，即其前翅質地較柔軟，然而螢科與菊虎科、紅螢科等昆蟲同屬菊虎總科，但生活習性卻有極大的差異。

世界各國近年來對螢科的研究，可分為以下幾方面：歐洲方面的學者，著重螢火蟲發光酵素作用的機制 (Berezin, *et al.* 1997; Koo, *et al.* 1978)、發光行為及其生態學上之意義 (Lloyd, 1971)；美國方面的學者在螢科寄生性天敵、生理、生化等方面有較多的研究；其他國家則有 Wannlund *et al.*, 1978; White *et al.*, 1978 等學者之報告；在澳洲，分類方面例如 Ballantyne (1987)。日本，如飼養技術及發光行為方面有 Ohba (1989)、中根和大場 (1993)、Nakino *et al.* (1994)；分類學研究則以 Sato (1970) 為代表。

根據昆蟲學文獻索引的記載，台灣螢火蟲的研究最先由永澤小兵衛於 1903 年所發表；其後有學者 Oliver (1910)、Pic (1911)根據職業採集人 Sauter 在台灣所採集的標本，對台灣某些種類的螢火蟲進行描述。岡田 (1931)發表報告認為台灣產的螢火蟲約有 7 屬 30 種；三輪(1932)發表報告認為台灣產的螢火蟲約有 7 屬 32 種螢火蟲。1932 年至今，其間曾有佐藤、中根、及大場等人來台採集，並發表零星的報告。1995 年由日本學者佐藤所整理的名錄（未發表），台灣現有 11 屬 44 種的螢火蟲。惟台灣光復以來，除國家公園及自然保護區之昆蟲資源調查（楊等，1990，1991，1992）中零星記錄外，一直鮮有學者從事螢科的相關研究，直至 1994 年才陸續有屏東技術學院的陳仁昭副教授，中興大學昆蟲所研究生張錦洲（張，1994 未發表），及宜蘭工農的陳素瓊副教授、台灣省特有種生物中心何健鎔，及民間業餘專家藍森彬先生等，開始針對數種水、陸棲螢火蟲進行繁殖工作。

三、螢火蟲之生態及發光機制

1. 螢火蟲之生態

螢火蟲依幼蟲之棲息環境，可分為：水生 (aquatic) ；陸生 (terrestrial) ；二類。

◆陸生螢火蟲

陸生螢火蟲幼蟲身體側扁，分節明顯，頭部可完全縮入前胸背板下，腹部第九節的兩側各有一個發光器，尾節有一叢帶黏膜的絲狀物可用來吸附在穩定的物體上以固定幼蟲本身，活動時以尾節先向前移動，固定後，再以腳爬向前，所以身體時而彎曲，時而伸直。棲息環境為無光害，植被茂密，遮蔽度及濕度高之森林或步道兩側。遮蔽度高可防止水分過度散失，並可避免陽光直射使地溫過度升高。

陸生螢火蟲幼蟲白天棲息於地表石縫間、落葉堆等，夜間則爬行至草叢間或較高處取食，此時並會發出連續性的光，此時若受驚動，則會有短暫的停歇。螢火蟲的幼蟲與部分種類的雌蟲形狀相似，但陸生螢火蟲幼蟲的觸角只有三節；只有簡單的複眼，並具有尾節的固定器 (McDermott 1964) ，所以可用此來區分幼蟲與部分種類的雌蟲。陸生幼蟲的獵物有：蝸牛、蛞蝓、蚯蚓、彈尾目昆蟲等 (McDermott 1964) 。幼蟲尋獲獵物後，幼蟲首先透過中空之鐮刀狀的大顎，將麻醉劑注入獵物體內，待獵物被麻醉後，注入消化液，使獵物的組織形成肉糜狀，再吸入口中；幼蟲平均一至二日的時間才會離開該獵物。此時，若獵物為蝸牛，則只剩下一個空殼；若為蛞蝓或蚯蚓，則只剩下殘骸。陸生螢火蟲的幼蟲會因其獵物不同而在其大顎的形態上有所變化。需要挖土捕食土中蚯蚓的種類，其大顎一般較短、粗壯；捕食蝸牛的種類則為配合鑽入蝸牛殼中取食而有較細長的大顎 (McDermott 1964) 。

陸生螢火蟲幼蟲之棲地，多位於遮蔽度高，草本植被茂盛，相對濕度高之林間小徑。遮蔽度高小徑不受陽光直射，可保持棲地溫度的穩定，並可涵養森林中的水分使其不易散失。茂盛的草本植物可提供幼蟲日間棲息的場所，及作為螢火蟲幼蟲之獵物如：蝸牛蛞蝓等為食物。幼蟲獵物喜好相對濕度高之微環境，獵物族群量大，則可供作更多螢火蟲的幼蟲的食物。

◆水生螢火蟲

水生螢火蟲之幼蟲多以水域中之螺貝類，或小型水棲昆蟲為食。取食模式與陸生螢火蟲相似。其棲息之環境可依水域環境分為：靜水域及流水域兩種。靜水域的種類如：黃緣螢 (*Luciola ficta*) 等。棲息於靜水域的螢火蟲幼蟲期生活於水田中，捕食螺類為食，觀察經驗指出，有群體進食的情形，是否為群體攻擊或僅為集體取食尚待進一步的行為研究。幼蟲有一年生的，也有兩至三年的，老熟的幼蟲會攀上田埂上化蛹，有些種類會築一至二公分厚的蛹室，有些則在土壤表面化蛹，約 40 日後，成蟲羽化，一至二日後即可進行交尾，交尾後一至二日即會產卵。

水生的螢火蟲每一個時期均有不同的生態棲位，幼蟲在水中，蛹期在水邊的岸上渡過；成蟲則依雄蟲及雌蟲分為水上方開闊水域及水邊的植物上，卵期則在岸邊。總括以上所述，水生螢火蟲的棲地需要包括田埂、水域、水域上方的開闊空間及水域旁的植物等等。目前許多農村建設將田埂及田間的溝渠水泥化，此舉容易導致螢火蟲蛹及卵的環境遭到破壞，幼蟲無法尋覓化蛹地點。

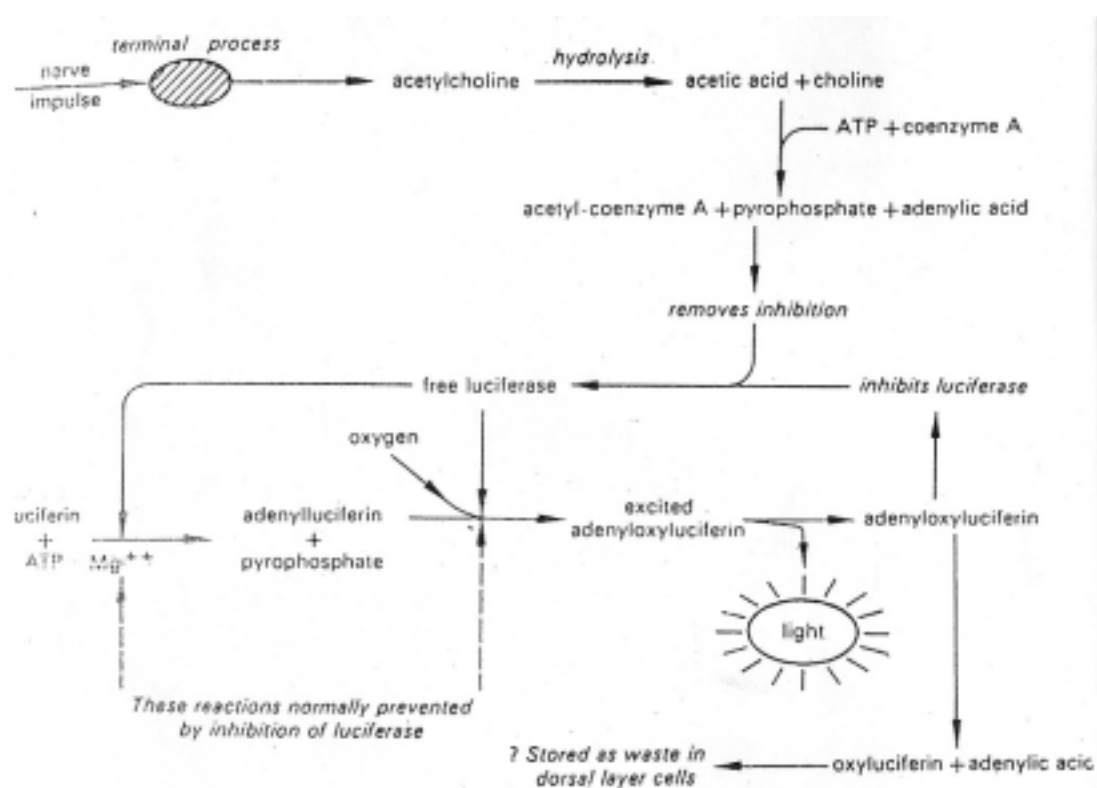
溪流型種類多半生活於岸邊緩流處，也常棲息於螺貝多之落葉或礫石之間。理想的棲息環境應該是遮蔽度適中，若遮蔽度太高，林下的植被過於茂密，則成蟲（雄）羽化後缺乏飛翔的空間，會對交尾行為產生影響。若遮蔽

度太低，一方面水域中的落葉量不足以供養幼蟲的食物-螺貝類；另一方面，陽光直射水域容易使水溫升高，影響幼蟲的生長發育，水生螢火蟲的幼蟲其最適水溫為攝氏 15-25 度。

螢火蟲成蟲依種類不同，活動的時間亦有差異。白天和夜晚各有日行性及夜行性的種類，夜間種類出現的時間，由傍晚六點至清晨三、四點均有。一年四季都可見螢火蟲的蹤跡，唯種類及數量均有不同。完整的季節、時間與種類之間的相對關係仍待進一步的生態觀測及分類工作。

2. 螢火蟲的發光機制及目的

螢火蟲發光最主要的目的，在協助預尋找配偶。不同種螢火蟲的發光頻率不同，而自然形成一種生態區隔。螢火蟲的光是一連串的化學反應過程中所釋放的。以下為其化學反應的機制圖：



Scheme of the reactions involved in light production.

3. 螢火蟲消失的原因

近年來土地資源的大量開發，螢火蟲的棲地及生態都受到極大的衝擊，螢火蟲的數量因而逐漸下降。螢火蟲消失的原因根據勝野（1968）、大場（1986）、小野奈（1989）及楊（1988）之報告，主要有：

- (1) 棲地遭到破壞：棲地環境的恆定，是螢火蟲賴以生存的根本。人類大量開發土地，改變了原本的棲地環境，使得螢火蟲的族群大大的減少。
- (2) 人工光源的衝擊：人類使用自然的資源，隨之而來建立的聚落形態，不免需要照明，這對以發光為求偶方式的夜行性螢火蟲，形成嚴重的干擾，影響了他們的求偶行為。
- (3) 河道溝渠的水泥化：對水生的螢火蟲而言，河道及溝渠的邊岸為其化蛹、產卵的場所。水泥化的河岸並不適宜其化蛹及產卵，此二階段受到影響，族群自然就逐漸的縮小了。此外，水泥化後，河岸兩邊的植被、河水中的微環境，都會因而改變，影響螢火蟲的生態。
- (4) 農藥的使用：各種殺劑會直接對螢火蟲產生毒害，更會間接影響其獵物的數量。
- (5) 水污染引起環境劣化：家庭廢水、工業廢水及農業廢水直接污染水源，危害棲息其中之螢火蟲。及其所賴以維生之螺類等水生昆蟲。
- (6) 外來種之引入：水棲螢火蟲之食物以螺貝類為主；1970 年代，福壽螺因人為引入台灣，並成為有害動物。此螺對水生螺貝類可能造成食物和空間之競爭，對本土螺貝類之生存或有不利之影響。另外，外來種食蟲性魚類，亦能對原棲息河流、塘沼中之螢火蟲幼蟲造成不利影響。

四、研究方法及調查範圍

1. 蒐集整理前人有關螢火蟲之文獻，並作綜合評述。
2. 就相關大專院校，包括台灣大學、中興大學、屏東技術學院、嘉義農專、宜蘭農專、農試所、台灣省立博物館、國立自然科學博物館、特有種生物中心及私人蒐藏標本進行標本蒐借及鑑定，以建立台灣地區現為螢火蟲名錄、發生地區及發生月份等資料。
3. 就台灣地區螢火蟲可能之發生地區進行實地、問卷及網路通訊調查，就其發生之 (1)種類；(2)時間及月份；(3)地點；(4)棲地狀況；(5)數量等進行調查。
4. 野外調查：現階段以玉山、雪霸、陽明山，三個國家公園為主，並在太魯閣、墾丁及金門進行初步調查。
5. 螢火蟲之繁殖試驗：將所採集之主要水生及陸生的螢火蟲在室內進行人工繁殖試驗，並進行習性、生活史及行為之觀察與記錄。

五、調查結果

(一) 文獻蒐集，目前已經蒐集 200 餘篇有關螢火蟲之文獻，並持續進行中，最後並建立文獻索引目錄。

(二) 邀請並聯繫專家：

1. 1996.4.29 至 5.12 邀請日本螢火蟲協會理事長大場信義博士來訪，並已在東勢林場舉辦座談與分別在臺灣大學與臺南縣立文化中心對來自全省有關單位與個人進行專題演講，並參觀各地

有關設施或棲地調查以提供經驗建議。

2. 聯繫日本甲蟲分類學者佐藤教授及大場博士，於 1996 年 7 月安排本研究室三位學生訪日，並借出模式標本及亞洲地區標本 1000 隻。
3. 聯繫國內飼養螢火蟲的專家及學者，此部份包括了國立屏東技術學院的陳仁昭副教授、國立宜蘭農工專校的陳素瓊副教授、臺灣省特有生物保育研究中心的何建鎔先生與民間的飼養繁殖專業人士藍森彬先生等。

(三) 整理並借調各大學、博物館和私人館藏標本共二十餘種 1000 件，現仍持續進行分類鑑定工作中。

(四) 問卷及訪談結果：

1. 網路問卷結果與分析：共五十六件已完成。
2. 一般問卷結果與分析：共回收兩百餘份已完成，結果如文末所附。

(五) 野外調查結果：

1. 玉山國家公園：前往梅山（一次）、東埔（八次）、塔塔加（一次）、南安（五次）：目前發現台灣窗螢 (*Lychnuris analis* (Fabricius))、蓬萊短角窗螢 (*Diaphanes formosus* Olivier)、紅胸扁螢 (*Ly. rufiventris* (Motschulsky))、黃緣螢 (*Luciola ficta*)、黑翅螢 (*Luciola cerata* Olivier)、姬黑翅螢 (*Lu. filiformis* Olivier)、透翅短角窗螢 (*D. exsanguis* Olivier)與另一待鑑定之同屬種類等 12 種螢火蟲；族群量以沙里仙溪近東埔

一鄰之產業道路兩側山坡的黑翅螢數量最多，五月中旬天候狀況良好時每次可發現 10,000 隻成蟲密集發生出現；另外在乙女瀑布前後於十二月時也能有數千隻透翅短角窗螢群飛發光的景觀。

2. 雪霸國家公園：以觀霧（十次）、武陵（六次）兩地為主，共獲台灣窗螢、蓬萊短角窗螢、黃緣螢、黑翅螢及姬黑翅螢 10 種螢火蟲；其中以黑翅螢數量最多，五月中旬數量達 10,000 隻，但不屬國家公園即大鹿林道 12-17 公里間；另於十二月份在檜山神木步道沿線有另一種短角窗螢每夜有數千隻的族群發生量。
3. 陽明山國家公園：在園內共探查約 20 次；共獲台灣窗螢、大窗螢 (*Ly. Praetexta* (Olivier))、黃緣螢、黑翅螢、端黑螢(*Lu. chinensis* (Linn.))及姬黑翅螢與待鑑定的熠螢（採自馬槽地區之幼蟲所飼養羽化的成蟲）等八種，其中以竹子湖之黃緣螢數量最多。熠螢屬(*Luciola* spp.)屬的螢火蟲在園區數量亦不少。
4. 太魯閣國家公園：以神秘谷（二次）為主，採獲櫛角螢、蓬萊短角窗螢、台灣窗螢、黑翅螢、紅胸扁螢及黃脈紋螢 (*Curtos costipennis* (Gorham)) 等六種螢火蟲。
5. 墾丁國家公園：只採集二次，獲得黃緣螢、恒春脈紋螢 (*C. mundula* (Olivier)) 及橙短角窗螢 (*D. citrinus* Olivier) 等四種螢火蟲。
6. 金門國家公園：由金門友人提供一種陸生窗螢標本及赴現地採集得到黃緣螢之成蟲。

（六）室內人工飼養：

1. 水生種類：以水族箱、人工河流、網室人工河流飼養。

2. 陸生種類：盒養及箱養。

六、建 議

對營建署所屬六個國家公園之特點，分別就保育研究與經營管理兩方面提出說明。

保育解說方面

1. 玉山國家公園：玉山國家公園之螢火蟲資源頗為豐富，就族群數量來說，以沙里仙溪沿岸近東埔產業道路兩側及乙女瀑布一帶，調查得知為螢火蟲數量較多之地區；前者在 5 月中旬黑翅螢大發時，估計數量在 1 萬隻以上。惟此棲地有一部份為私人果園與造林地，如發佈賞螢訊息，因鄰近東埔風景區，雖非作物採收或結果季節，但恐會引來大批遊客而造成園內設施或作物之損失；惟為維護此珍貴資源，盼管理處能建議園主勿在園區內施用大量之農藥和除草劑，在目前產業道路中段沿線雖未設置路燈，但未來若居民需要，則設置路燈時應採用低干擾的高壓鈉腳燈等避免或減低干擾螢火蟲之設施。至於乙女瀑布之一帶之短角窗螢屬螢火蟲，出現月份為 12 月上旬，數量亦多，達 4-5 千隻，其成螢往往於天將黑但尚有餘光時即從林間路旁草叢間飛出，一般來說，密集活躍的時刻約從此時開始的，一小時後可達高峰，樹林底層三四公尺以下的空間充滿了漫飛的螢火蟲，或遠或近，在寒夜中觀察此一景觀，自不同於夏夜在東埔觀螢之一般，惟此處交通不便，開放賞螢亦不方便，建議管理處就地保護。如步道旁需除草，以人工除草為宜。南安遊客中心至瓦拉米間之螢火蟲雖亦豐富，但由於交通較不方便，且夜間野生動物出沒頻繁，例如於五月間的調查活動中就曾見到山豬與石虎於新中橫公路上，因此此地除

非和民間團體合辦活動有較多的人數一同前往並施予解說教育，否則若只提供觀螢資訊讓散客在大發生期時自行前往觀螢，恐有安全顧慮，並同時將對野生動物造成過多干擾。

2. 雪霸國家公園：據實地調查，目前雪霸國家公園之螢火蟲以觀霧地區最佳，武陵次之；前者自四月下旬至六月上旬時黑翅螢發生量甚多，估算數量達 1 萬多隻，但可惜的是其主要發生區域集中在國家公園邊界，即大鹿林道 12-17 公里處。此種螢火蟲在 10、11 月份時亦發生，但數量較少。另外，從 11 月上、中旬至 12 月中下旬，在檜山神木步道沿線出現一種待鑑定種類之短角窗螢（可能為新種或新記錄種），其族群數量最高可達約近萬隻，由於係新發現，且又在冬天月份大量出現，在最近一次的調查天候中，當地氣溫估計只約九度，但成螢卻仍穿梭活躍於箭竹林上下，此種也是目前已知各國家公園中海拔分佈最高的一個族群，就學術意義來說，具有很高的研究價值，未來仍待繼續監測。

由於這兩個地點之螢火蟲數量甚多，且均在步道旁，未來大發生時建議以發行摺頁、發佈新聞方式提供一般民眾賞螢訊息，並進行螢火蟲生態教育。如能配合處內已發行之錄影帶，亦可和民間團體合辦觀螢活動。

雪霸國家公園汶水遊客中心現正規劃設計興建中，未來亦建議在遊客中心週邊無光害之適當地點建造人工緩淺河流，仿溪流自然環境飼養螺類，營造水棲螢火蟲的生活環境，再引進當地所分佈種類的幼蟲飼養，讓前來參觀的民眾和中、小學生亦有緣觀察這群可愛、會發光的小甲蟲。

3. 陽明山國家公園：這是台北近郊螢火蟲最多的地區，目前區內至少有 10 餘處均有螢火蟲之發現記錄；就研究而言，平等里附近之林區為理想螢火蟲生態研究場所。就單一種而言，則竹子湖梯田（包括海芋田）則不失為黃緣螢生

物學研究的好地方。其實就賞螢來說，這兩處亦為良好的地點；未來可以發行摺頁方式，讓遊客或有興趣的民眾自行前往觀螢；管理處亦可在此兩地方舉辦賞螢、護螢之活動。

為便於研究及賞螢，菁山自然中心已闢一溫室和設置兩個仿河流型態之螢火蟲生態育螢，此除可作同仁自行研究外，亦可開放供遊客參觀。

值得一提的是菁山自然中心螢火蟲溫室旁有一片階梯式花圃，由於地形、氣候條件不錯，建議將部份地區(大約 200-300 坪)以不鏽鋼網圍起，種植陽明山國家公園之原生植物，再配合種植誘蝶植物營造以蝴蝶為主，花卉、景觀植物及其他小動物為輔之生態園；既能成為研究場所，未來亦可開放作一般民眾解說教育和中、小學生校外教學場所。

4. 太魯閣國家公園：太魯閣國家公園螢火蟲資源調查亦為第二年之重點，目前發現較多為神秘谷，包括水、陸生種類，希望未來一年能深入調查。惟如欲作生態解說，則可在遊客中心以人工河流式之水族箱展示其棲地環境、食物及幼蟲，再配合生態照片或燈箱一併展示。

5. 墾丁國家公園：墾丁國家公園螢火蟲資源調查亦為第二年之重點；如欲進行生態解說展示，亦可在遊客中心以人工河流式之水族箱展示。不過，以目前墾丁現有遊客中心旁原有苗圃之良好條件，建議不妨以不鏽鋼網圍起，規劃參觀步道，展示蝴蝶、小動物及當地原生植物；並在園內設置人工河流飼養螢火蟲進行活體展示。

6. 金門國家公園：金門國家公園之螢火蟲資源調查由於係為第二年重點，目前種類調查仍不完整。但由已採獲之標本及現場勘查結果，發現雙鯉湖之水棲環境不錯，水棲螢火蟲數量多；另外，附近之水尾塔陸域部份蝸牛多，窗螢類

數量亦多，此兩點不失為觀螢之良好地點。但由於腹地狹小，如不稍作隔離措施，棲地有遭破壞之虞。這兩處之除草，應以人工為之，不能施用除草劑，亦不宜設置路燈，如為了觀螢，建議設置 30-50 公分之黃紅色高壓鈉低照度照明燈即可。

經營管理部份方面

各國家公園進行任何修整或新建計劃時，應仔細評估該項硬體設施對當地環境中原有生物是否造成直接或間接的影響及其作用程度與時間，雖然任何工程的進行，尤其是時間緊迫的搶修，很難作到完全不干擾到原棲息其間的生物，但對按年度計劃進行者，則對施工過程及完工後的各項措施應有妥適的安排與設計。對螢火蟲而言，人工光源為首要大害，因為夜行性螢火蟲的求偶行為主要由雄雌性之間不同頻率之閃光進行。如永久性的人工光源會對其發光求偶行為產生干擾，使其無法順利完成交尾行為產生後代。久而久之，該區螢火蟲的族群會逐漸減少。針對此項，人工光源必須按照以下幾點原則設計：

1. 非迫切必要之地區應避免設置人工光源。
2. 必需設置之人工光源高度應以 30-50 公分為上限，光度足以照射路面以利通行即可。
3. 所設置之光源顏色以紅色為佳（即一般之高壓鈉燈），紅色光源對螢火蟲的干擾為最低（大場，未發表）。

此外，因應遊客的需求對林間小徑兩旁的修整，應注意下列事項：

1. 不噴灑各種殺草劑以免對螢火蟲幼蟲及其獵物產生直接毒害。

2. 進行小徑兩旁流水導流工程時，不宜加蓋混凝土水溝，以免破壞其化蛹場所；而應採生態工程方式為之，更不可將小徑兩旁之草本植物剷除殆盡。

目前數量較多之玉山東埔、雪霸觀霧及陽明山竹子湖應掌握發生時期，以發佈新聞、發行摺頁、舉辦螢火蟲之旅的方式，廣為宣導。

除室外的棲地保護外，可配合螢火蟲的生態週期，在遊客中心內設置展示場。可行方案有：

1. 參照台灣大學植病系昆蟲保育研究室的飼育設計，在室內設計水道飼養水生螢火蟲；並佈置陸棲環境，繁殖陸棲種類。既具教育效果，也能兼作保育研究。
2. 以夜光攝影技術，拍攝雄雌蟲求偶行為時的發光現象，配合影片以多媒體的方式呈現，讓民眾體會螢火蟲發光行為的意義。
3. 在螢火蟲大發生季節，在適當地點以「觀螢」為題，配合詩人吟唱、兒童唱遊及專家演講等方式，進行螢火蟲生態解說教育活動。

七、未 來 展 望

- 【第一年】：
- 1.文獻蒐集及整理。
 - 2.建立螢火蟲名錄。
 - 3.種類及棲地調查。
 - 4.建立繁殖種群。
- 【第二年】：
- 1.繼續在 6 個國家公園進行種類及棲地生態調查，特別是針對冬季出現的成蟲種類，另需加強研究與觀察工作。
 - 2.針對第一年在各國家公園所發現之重要棲地，提出棲地保護措施之建議。
 - 3.對於適合地點，提出解說教育之建議。
 - 4.改善陽明山國家公園菁山自然中心之溫室，設置室內螢火蟲繁殖場，並作飼養技術轉移工作。
 - 5.協助拍攝螢火蟲生態影片計劃。
 - 6.開發大量飼養技術。
- 【第三年】：
- 1.展示室內繁殖成果，培訓飼養及解說人員。
 - 2.推展室內及野外螢火蟲生態解說教育。
 - 3.協助拍攝螢火蟲生態影片。
 - 4.開發重要種類大量飼養技術。
- 【第四年】：
- 1.協助國家公園落實螢火蟲棲地保護及解說教育活動。
 - 2.舉辦螢火蟲復育學術研討會。
 - 3.協助各地進行螢火蟲復育工作。

八、日本推行螢火蟲復育工作之考察

日本經驗：

日本與台灣一樣經歷了一段工商業快速發展之後，所引發的環境的衝擊，30 年前充斥於稻田、溪流中的螢火蟲逐漸的消失於人們的生活之中，日本自 1930 年起就有了螢火蟲的愛護運動，到了 1968 年更正式成立了全國螢火蟲研究會，正視螢火蟲逐漸減少的事實並具體展開行動。以下就針對日本經驗中值得我們學習的項目加以介紹。

馬堀自然公園的成功範例

馬堀自然公園位於橫須賀市市郊的小山丘旁，為橫須賀市自然博物館的植物公園。該園區由大場信義博士指導，將園區中舊有的小水道施以一系列的生態工程，目前已經成功的使該區於每年七月上旬，每夜均有 200 多隻平家螢 (*Luciola lateralis*) 出現。馬堀自然公園的水道原長 50 公尺、寬約 20 公分的，館方將河道延長為 150 公尺，並將寬度擴大為 1 公尺，深約 1 公尺、水深約 2-10 公分，並建造蓄水池及幫浦使河道中的水不至枯竭。為使水中含氧量充足，水道的設計配合地形高低起伏，寬度亦有寬窄不同之設計，這使得水流流速有緩有急，相當適合水生螢火蟲的食物--螺類的生長。水道的邊壁以長滿青苔的大石塊堆砌，利於末齡幼蟲攀爬並能提供交配後的雌蟲作為產卵的場所。水道位於植物公園的下層，部分地區有陽光照射，其他地區則有蕨類及耐蔭植物生長。森林中木本植物的落葉掉落水中之後，可作為供養螺類的食物，水道旁低矮的草本植物則可作為交配期間，雌蟲停憩的場所。水生螢火蟲的末齡幼蟲需由水中沿邊壁向岸上爬行，尋找合適的場所在土中化蛹，所以水道旁的小徑並不以水泥加以溝築，大部分的地面都是泥土，任一

些草本植物生長其中，以確保幼蟲能尋得化蛹的場所。園區中並有一處常年積水的區域，該區後側長滿青苔的圍牆，另一側則為小土坡，水中有附近木本植物的落葉，七月時也有平家螢在此處飛翔的記錄，該區雖未經生態工程整治，但自然環境配合之下，仍有水生平家螢在此生長，館方因此而未將此區積水清除。

水生螢火蟲的復育必需對其生長期中不同階段的生態需求充分了解，例如：幼蟲時期水域環境的配合，包括水質、水溫、流速、水的深度、底質、水路的形狀等等；螺類的生長及其食物的供給則為另一重要課題。接著化蛹時期，邊壁的材料使用及傾斜的角度則必需顧及未齡幼蟲爬行的能力、兩岸的地面環境也必需配合。成蟲階段，雌蟲在夜間需有一停憩的場所，但過度密集的植物則會使雄蟲沒有飛翔的空間，所以兩岸的植物群落也需考慮此點，並作定期的修整。館方在復育的過程中也曾遭遇部分問題，例如：設計初期曾考慮以人造的圓柱石樁代替大石塊，但青苔的著生率不高，幼蟲爬行的效果亦不佳。此外，邊壁的構築可以大石塊及泥土間隔，效果應可更佳。

掌握以上幾點建議，水生螢火蟲復育的成功率就能大大的提高，然而，進行復育工作前應對該地環境進行調查，以確定該區原有該種螢火蟲的分布。另外，復育工作成果的呈現方式亦應以螢火蟲的生態為第一考慮的要件，以免不當的經營管理導致螢火蟲的生態受到影響。以西逸見地區的螢火蟲棲地為例，棲地四周設計了許多介紹螢火蟲生態知識的看板，使遊客不但可以欣賞螢火蟲，並可吸收許多相關新知。此外，為避免遊客踏入螢火蟲的化蛹場所，相關單位特地在棲地附近建立觀賞台，並宣導燈光對螢火蟲所可能產生的干擾，期盼遊客減少人為光源的使用，將遊憩所帶來的干擾降到最小。

發光分析方面：

日本在螢火蟲研究領域相當先進，除了其境內的螢火蟲種類的研究調查相當周嚴外，螢火蟲的發光行為也是其研究重點之一。螢火蟲的發光頻率會隨種類而有不同，這樣的特性使得在同一同區域中生活的螢火蟲，不會有異種間雜交的狀況。日本學者所發展的一系列硬體及軟體已經可以分析出不同種類之間發光頻率的差別，若能結合從事螢火蟲研究的人員，合力記錄螢火蟲的發光頻率，建立螢火蟲發光頻率的資料庫，相信對螢火蟲種類的鑑定有相當大的助益。此外，在不同生活環境下螢火蟲的飛翔軌跡會隨之變化，利用這套儀器同時可將其飛翔軌跡作記錄及分析，有助於對螢火蟲發光生態的了解。

這一套分析系統包括了記錄、測量時使用的硬體，和分析頻率時所使用的軟體。首先夜間野外觀察時使用的攝影機、夜視鏡將飛行中螢火蟲的發光現象記錄下來，回到實驗室後將影像放映於監視器，再以半導體光感應器 (semiconductive photosensor) 接收訊息，透過數據板 (digital board) 就能將訊息數據化後輸入電腦中。輸入電腦後的資料經軟體分析後，就會依時間先後在螢幕上以波形呈現。進一步分析這些資料時可以將局部波形放大，再進行重疊或比較等工作。

檢討與建議

目前在日本境內已有許多復育螢火蟲的棲地，令人驚訝的是這些棲地緊臨著人們住宅，卻仍能有相當好的復育成果，其中最大的因素是大部分的居民除了對螢火蟲相當喜愛之外，對螢火蟲的復育工作亦相當配合。例如在岩戶川地區，一條原本漫溢著臭味的水溝，在橫須賀博物館的指導及當地居民的共同努力下，經過十年的整治，已經有相當數量的螢火蟲在此出現，而當地除了有告示牌提醒大家此處是螢火蟲的家之外，緊臨著這個棲地的民宅，在夜間也都會將燈光以拉門擋住，以免燈光干擾了螢火蟲。另外，在西逸見地

區，由於螢火蟲的棲地常有許多小孩嬉戲玩水，為避免他們的活動干擾螢火蟲的生存，社區特地規劃出一個特定的範圍作為遊戲區，而緊臨該棲地的一處停車場也為避免進進出出的車子的燈光會影響螢火蟲的發光求偶行為，而在日落後不再對外開放。

由以上的例子可以發現，日本螢火蟲保育行動的成功可歸因於民眾及社區的認同，再加上小學教育中對螢火蟲生態的宣導教育，使得保育螢火蟲的觀念從小就被接受，而有今日的成果。

日本螢火蟲研究的蓬勃成果除了學者們的努力之外，大眾的宣導也作的相當成功，國家公園身兼保育及宣導的工作，除了應就園區內的螢火蟲生態及種類作長期的研究之外，更應積極設計展示及宣導螢火蟲的相關知識給一般大眾，期許能將螢火蟲保育的觀念深植人心，不但能使螢火蟲的保育工作事半功倍，更期待能以螢火蟲為起點，教育民眾關心我們的環境及生活於大自然中多樣的野生動植物，進而提升人們的自然保護意識。

九、誌 謝

螢火蟲資源調查和復育工作之能推動，首要特別感謝內政部營建署黃署長南淵先生全力支持及促；成而玉山國家公園管理處李處長武雄先生熱心推動，也使本計畫能順利執行。由於調查範圍廣闊，因此若無六個國家公園的鼎力支持與協助，則勢必無法順利完成此第一年的階段性調查研究工作，所以除了要對雪霸林處長培旺，陽明山蔡代處長佰祿，太魯閣劉處長慶男，墾丁張處長和平與金門李處長養盛表示由衷的謝意外，特別指出下列人士在計畫執行過程中，始終站在積極的立場給予無私的關懷與協助，他們分別是：玉管處的保育科陳隆陞科長、曾惠香小姐、陳道正先生與南安遊客中心的許英文主任及梅山遊客中心的蘇志峰主任；雪管處的吳祥堅祕書，保育科李茂鐘科長與吳宗穎先生；陽管處保育科詹德樞科長、羅淑英與魏映雪兩位小姐；太管處保育科鄒錦清科長與鄒月娥小姐；墾管處保育科劉新明科長與金管處保育科陳天來科長；另外，營建署國家公園組的蕭清芬組長，林耀源科長與楊宗儒先生於計畫初始與執行中和各相關單位保持密切的溝通協調亦使研究工作得以事半功倍的進行；謹此申致由衷之謝忱。

在野外調查工作方面，國立台灣大學植物病蟲害學系昆蟲保育研究室研究生賴郁雯、陳永杰、李志穎，大學部魏淑鈴、葉淑丹，助理陳明發、李奇峰、鄭明倫、徐崇斌以及田野文化公司的鍾榮峰先生多所參予協助併同室內的飼養鑑定等事務；而臺灣省特有生物保育研究中心經營管理組何健鎔先生、國立屏東技術學院的陳仁昭副教授、國立宜蘭農工專校的陳素瓊副教授、民間的飼養繁殖專業人士藍森彬先生與國立中興大學昆蟲學研究所石憲宗同學等人也真誠地分享了不少寶貴的經驗與知識，由衷感激。

最後要特別感謝日本橫須賀市立博物館大場信義博士提供本研究室許多螢火蟲生態研究的心得與資料，並親自來臺將日本當地多年來實際從事螢火蟲復育工作所面臨的問題與過程，藉由演講座談與實地勘察，提供國內相關單位與有興趣的人士許多寶貴經驗；另外，名古屋女子大學佐藤正孝博士也大力地協助解決本研究室在重新整理臺灣產螢火蟲分類學資料與標本鑑定工作時所遭遇的許多困難，亦一併致謝。

十、主要參考文獻

- 永澤小兵衛。1903。無翅の螢種に就こ附臺灣産の螢種。昆蟲世界 7(71):286-289。
- 永澤小兵衛。1905。台灣産螢に關せる第三回報告附南清に於ける螢火の一斑。昆蟲世界 9(93): 183-185。
- 素木得一。1918。臺灣産螢の種類。臺灣博物學報 8:89-90.
- 松村松年。1918。日本の螢。教育畫報。 6(3):82-89。
- 牧茂市郎。1927。タイクンボタル(臺灣螢)に就こ。昆蟲世界 31(355):74-77。
- 鹿野忠雄。1930。日本領土産螢の三未記録種。昆虫 4:242-245。
- 岡田 要。1931。本邦産螢類學名の考察。動物學雜誌，43:130-149。
- 三輪勇四郎。1932, 台灣産昆蟲分類目錄--鞘翅目, 台灣總督府中央研究所農業部報告, 359pp, 台北。
- 神田左京。1934。ホタルの名。植物と動物 2: 2043-2046。
- 左藤正孝。1978。日本のホタル。インセクトリウム 15: 44-49。
- 大場信義。1981。台灣 發光昆蟲 博物館。橫須賀市博物館研究報告 27 : 43-47。
- 中根猛彦、大場信義。1993。ホタルの觀察と飼育。新生社出版，121 頁。東京。
- 張錦洲。1994。台灣産黃緣螢人工飼育。國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文，48 頁。
- 楊平世。1996。雪霸國家公園螢火蟲生態研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處，30 頁。
- 楊平世、李奇峰、賴郁雯。1996。台北市螢火蟲棲地調查。台北市政府建設局，19 頁。
- Ballantyne L. A. 1987. Lucioline morphology, taxonomy and behavior: A reappraisal (Coleoptera, Lampyridae). Trans. Amer. Ent. Soc. 113 : 171-188.

- Ballantyne L. A. 1987. Further revisional studies on the firefly genus *Pteroptyx* Olivier (Coleoptera: Lampyridae:Luciolinae:Luciolini) . Trans. Amer. Ent. Soc., 113 : 117-169.
- Crowson, R. A. 1955. The natural classification of the Coleoptera. Lloyd. London.
- Crowson, R. A. 1972. A review of the classification of Cantharoidea (Coleoptera), with the definition of the two new families, Cneoglossidae and Omethidae. Rev. Univ. Madrid, : 35-77.
- Chujo, M. and M. Sato. 1970. Coleoptera of the Loo-choo archipelago(II). Family Lampyridae. Mem. Fac. Edu. Kagawa Univ. Part II(192): 21-22.
- Chujo, M. and M. Sato. 1970. On Japanese and Formosan species of the genus *Curtos* Motschulsky. Memoirs of the faculty of education, Kagawa University. Part II, 192: 59-65.
- Gorham, H. S. 1880. Materials for a revision of the Lampyridae. Trans. Ent. Soc. London. 1880: 1-36, 83-111.
- Gorham, H. S. 1883. Revision of the genera and species of Malacoderm Coleoptera of the Japanese fauna. Trans. Ent. Soc. London, 1883: 393-411.
- Koo, J. Y., S. P. Schmidt, and G. B. Schuster. 1978. Bioluminescence of the firefly [*Photinus pyralis*]: key steps in the formation of the electronically excited state for model systems. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 75 (1): 30-33.
- Lloyd, J. E. 1971. Bioluminescence communication in insects 6004. Ann. Rev. Entomol., 16:97-122.
- Makino T., H. Suzuki and N. Ohba 1994. Computer analysis system for firefly flash patterns. Sci. Rept. Yokosuka City Mus., 42:27-56 (in Japanese).
- Matsuda M. and N. Ohba. 1991. The relationship between the head structure and the communication system in the Japanese fireflies. Sci. Rept. Yokosuka City Mus., 39:7-29 (in Japanese).

- McDermott F. A. 1962. Illustrations of the aedeagi of the Lampyridae (Coleoptera). Coleopt. Bull. 16: 21-27.
- McDermott F. A. 1964. The taxonomy of the Lampyridae.(Coleoptera). Trans Amer. Entomol. Soc. 90 : 1-72.
- Nakane, T. 1967. On the genus *Cyphnocerus* Kiesenwetter in Japan and Formosa (Coleoptera: Lampyridae), Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo 10(1):7-9.
- Nakino T., H. Suzuki and N. Ohba. 1994. Computer analysis system for firefly flash patterns. Sci. Rept. Yokosuka City Mus. 42:27-56 (in Japanese)
- Ohba, N. 1989. Difference flash pattern of the western and eastern Japanese firefly species *Luciola cruciata*. Insect & Nature 24:2-18 (in Japanese).
- Ohba, N. and M. Sato. 1988. The shape of facet in the fireflies. Sci. Rept. Yokosuka City Mus. 36:1-10.
- Ohba, N. and Y. Goto. 1993. Geographical variation on the morphological and behavior of *Curtos costipennis* and *C. okinawana* (Coleoptera: Lampyridae) in the Southwestern Islands. Sci. Rept. Yokosuka City Mus. 41:1-14. (In Japanese)
- Ohba, N., S. Azuma, K. Nshiyama, Y. Goto, H. Suzuki, Y. Sato and I. Kawashima. 1994. Morphology, life history and behaviour of the firefly, *Luciola owadai* (Coleoptera: Lampyridae). Sci. Rept. Yokosuka City Mus. 42:13-26.
- Oliver, E. 1911. Lampyridae's rapportes de Formose par M. Hans Sauter. Ann. Mus. Genova 45 : 209-210.
- Pic, M. H. 1911. Sauter's Formosa-Ausbeute: Cantharidae; Lampyridae, Mordellidae. Dts. Ent. Nat. Bibl. 2:188-189.
- Satô, M. 1968. The Lampyrid- Beetles of Japan. Bull. Jap. Ent. Acad. 4(5): 19-26.
- Satô, M. 1970. Notes on the genus *Cyphnocerus* Kiesenwetter from Formosa (Coleoptera: Lampyridae). Bull. Jap. Ent. Acad. 5(1): 22-24.

- Sato, M. 1976. New Cantharoidea from Japan (Coleoptera). Teans. Shikoku Entomol. Soc. 13(1-2): 51-60.
- Sata, M. 1976. Description of a new species of the genus *Pteroptyx* Olivier, 1902 from Cebu island, the Philippines (Coleoptera: Lampyridae). Sci. Rept. Yokosuka City Mus. 23: 1-5.
- Sato, M. 1991. A new *Cyphonocerus* (Coleoptera: Lampyridae) from Japan. Elytra 19(2): 191-193.
- Sato, M. and M. Kimura. 1994. Discovery of a new firefly of the genus *Luciola* (Coleoptera: Lampyridae) from Kume-jima of the Ryukyu islands. Elytra 22(1): 159-162.

表一、內政部營建署所屬六處國家公園所產螢火蟲種類之比較

	玉 山	雪 霸	陽明山	太魯閣	墾 丁	金 門
臺灣窗螢	✓	✓	✓	✓		
蓬萊短角窗螢	✓	✓				
紅胸扁螢	✓			✓		
黃緣螢	✓	✓	✓		✓	✓
黑翅螢	✓	✓	✓	✓		
姬黑翅螢	✓	✓	✓			
大窗螢			✓			
大端黑螢			✓			
櫛角螢				✓		
黃脈紋螢				✓		
恒春脈紋螢					✓	
橙短角窗螢					✓	
透翅短角窗螢	✓					

註：1.本表所列種類僅限於已鑑定至種階段之部份，正於幼蟲飼養期或由於資料不完整（如臺灣新種或新記錄種者等）使鑑定僅能至屬者，不列入比較。

2.本表為依據現階段經短期定點調查後之資料彙整，不排除往後各處在種類上有增加與重疊之可能。

螢 科
F a m i l y L a m p y r i d a e

Subfamily Ototretinae

Genus *Drilaster* Kisenwetter, 1879 南方螢屬

- D. olivieri* (Pic, 1911) 奧氏南方螢
D. prupruicollis (Pic, 1911) 鋸角南方螢
D. rollei (Pic, 1911) 羅氏南方螢
D. takahashii Nakane, 1977 高橋氏南方螢
D. flavipennis Nakane, 1977 黃鞘南方螢
D. atricollis Nakane, 1977 黑頸南方螢
D. kimotoi Nakane, 1977 木元氏南方螢
D. parvus Nakane, 1977 姬南方螢
D. flavicollis Nakane, 1977 與那國南方螢

Genus *Stenocladius* Fairmaire, 1878 垂鬚螢屬

- S. bicoloripes* Pic, 1918 黃垂鬚螢

Subfamily Luciolinae 熠螢亞科

Genus *Luciola* Laporte, 1833 熠螢屬

- L. cerata* Olivier, 1912 黑翅螢
L. chinensis (Linn., 1767) 大端黑螢
L. filiformis Olivier, 1913 姬黑翅熠螢
L. formosana Pic, 1916 蓬萊熠螢
L. kagiana Matsumura, 1928 嘉義熠螢
L. substriata Gorham, 1880 條紋熠螢
L. ovalis Hope, 1831 卵形黃緣螢

L. gorhami Ritsema, 1883 高賀氏熠螢
L. anceyi Olivier, 1883 安斯氏熠螢
L. japonica Thunberg, 1784 黃色熠螢
L. ficta Olivier, 1909 黃緣螢

Genus *Curtos* Motschulsky, 1845 脈紋螢屬

C. costipennis (Gorham, 1880) 黃脈紋螢
C. mundula (Olivier, 1913) 恆春脈紋螢
C. impolita (Olivier, 1913)
C. sauteri (Olivier, 1913) 梭德氏脈紋螢

Subfamily Lampyrinae 窗螢亞科

Genus *Diaphanes* Motschulsky, 1853 短角窗螢屬

D. citrinus Olivier, 1911 橙短角窗螢
D. exsanguis Olivier, 1909 透翅短角窗螢
D. formosus Olivier, 1910 蓬萊短角窗螢

Genus *Lychnuris* Dejean, 1833 窗螢屬

L. formosana (Olivier, 1911) 蓬萊窗螢
L. praetexta (Olivier, 1911) 大窗螢
L. sanguiniventer (Olivier, 1911) 赤腹窗螢
L. lampyroides (Olivier, 1891) 燭窗螢
L. analis (Fabricius, 1801) 臺灣窗螢
L. rufiventris (Motschulsky, 1854) 紅胸扁螢

Genus *Lamprigera* Laporte, 1833 巨螢屬

L. yunnanensis (Fairmaire, 1897) 雲南巨螢

Genus *Pristolycus* Gorham, 1883 赤脈螢屬

P. kanoi Nakane, 1967 鹿野氏赤脈螢

Genus *Lucidina* Laporte, 1833 鋸角螢屬

L. accensa Gorhan, 1883 闊翅鋸角螢

L. biplagiata Motschulsky, 1866

L. roseonotata Pic, 1917 紅胸鋸角螢

Subfamily Cyphonorinae 櫛鬚螢亞科

Genus *Cyphonocerus* Kiesenwetter, 1879 節鬚螢屬

C. sanguineus Pic, 1911 赤翅櫛鬚螢

C. taiwanus Nakane, 1967 台灣櫛鬚螢

Subfamily Amydetinae 櫛角螢亞科

Genus *Vesta* Laporte, 1833 扇角螢屬

V. formosana Pic, 1944 蓬萊扇角螢

V. impressicollis Fairmaire, 1891 點刻扇角螢

V. rufiventris Motschulsky, 1853 赤腹扇角螢

V. chevrolati Castelnau, 1833 雪氏扇角螢

附錄二、螢科成蟲檢索與幾種成蟲形態描述

1. 台灣螢科之亞科及屬級分類檢索表：

此檢索表乃針對目前台灣已知的螢科種類而建立的簡易檢索表，若欲精確檢索仍應輔以參考文獻為佳。

1. 前胸側片的前方閉合，內緣與前胸背板的前角相接，前角的角度明顯；前胸為橫向長形，頭部收縮時，可完全引入前胸背板的下方；雄性腹部有六節，雄雌均有翅，均可發光.....*Luciolinae* 熠螢亞科 5
- 前胸側片的前方不閉合，內緣與前胸背板的前角不相接，前角的角度不明顯..... 2
2. 前胸為橫向，後角部份有點刻，雄性腹部有 7 節，成蟲大部分為日行性.....*Drilastinae* 南方螢亞科 6
- 前胸為半橢圓形，身體、觸角均為側扁，後角部份無點刻，雄性腹部有 8 節..... 3
3. 觸角為單櫛齒或雙櫛齒狀 4
- 觸角為鋸齒狀，部份種類在前胸背板的前端有透明的區域*Lampyrinae* 螢亞科 7
4. 觸角自第 3 節起自基部分出兩枝，翅鞘多為紅褐色.....*Cyphonocerinae* 雙櫛角螢亞科 *Cyphonocerus* 雙櫛角螢屬
- 觸角為單櫛齒狀，有長形的片狀分枝，分枝有時甚至長於觸角節長.....*Amydetinae* 櫛角螢亞科 *Vesta* 扇角螢屬
5. 前翅鞘前緣脈明顯可見，體型較小.....*Curtos* 脈紋螢屬
- 前翅鞘前緣脈不明顯，部份種類水生.....*Luciola* 熠螢屬
6. 觸角為鋸齒狀.....*Drilaster* 南方螢屬
- 觸角為櫛齒狀，分枝長於觸角節長兩倍以上.....*Stenocladius* 垂鬚螢屬
7. 頭楯較長，大顎較小..... 8
- 頭楯較短，大顎較大，明顯易觀察..... 9
8. 前胸背板前端有一對透明的窗室.....*Lychnuris* 窗螢屬
- 前胸背板的中央有一半圓形透明區域，可由背面看出複眼輪廓.....*Diaphanes* 短角窗螢屬
9. 前胸背板中央有一縱向暗紋，觸角扁平鋸齒狀.....*Lucidina* 鋸角螢屬
- 前翅鞘為鮮明的粉紅色，翅鞘上的脈紋明顯隆起.....*Pristolycus* 赤翅脈螢屬
- 體型大，體色為黑褐色，前胸背板前緣為透明.....*Lamprigera* 巨螢屬

2. 國家公園已知種類之區辨特徵分述如下：

1. 黑翅螢 *Luciola cerata* Olivier

雄性 體長形，體型接近橢圓型，頭部、觸角及翅鞘為黑色，前胸、小盾片及前、中、後胸的腹板為橘黃色或淡橘紅色，前、中、後腳的基節轉節及腿節亦為橘黃色，其餘部份為黑色。頭小，頭頂前胸背板上有些微的點刻，觸角為絲狀，前胸背板的後角向後突出，形成一個尖銳的角度，背板中央並有一鞍型凹陷。小盾片短形，腹節為黑色，第五、六發光節為乳黃色，第六腹節為半圓形，長度為第五節的兩倍。此種為普遍分布的種類，全省各地均可見其蹤跡，其日文名稱為台灣螢，可能與其廣佈及數量大有關。

體長：0.85 公分，體寬：0.3 公分。

2. 姬黑翅螢 *Luciola filiformis* Olivier

雄性 體型小，頭部、翅鞘及小盾片均為黑色，前胸背板為橘色，但中央部份面積二分之一為黑色，由背面觀察相當容易區辨。前胸、中後胸及足為黑褐色，腹節為黑色，腹部第五、六節成乳黃色。頭頂為黑褐色，觸角為絲狀，前胸背板的後角向後突出，形成一個尖銳的角度，背板中央並有一鞍型凹陷。此種成蟲在夏夜中相當活躍，除分布於南部山區，北部市區近郊及北橫沿線等都有採集記錄。

體長：0.5-0.6 公分，體寬：0.2 公分。

3. 黃緣螢 *Luciola ficta* Olivier

雄性 體型為圓卵形，頭、觸角及翅鞘均為黑色，前胸背板為橘黃色，前中後胸均為黃褐色，前中後腳基節、轉節及腿節均為黃黑色，脛節、附節及腹節均為黑色，腹節為黑色，第五及第六腹節基部二分之一為乳黃色，第

六腹節尖端二分之一則為透明偏黃。觸角為絲狀，後角向後突起形成一個尖銳的角度；翅鞘邊緣有鑲有一條黃色的細線，蟲體全身覆有黃色的軟毛。

體長：1 公分，體寬：0.3-0.4 公分。

4. 大端黑螢 *Luciola chinensis* (Linn.)

雄性 體型大，頭部、觸角及翅鞘末端為黑色，其他部位為橙黃色。頭部帶有光澤，具粗大的點刻，在鞍狀部具淺的縱溝，觸角略帶褐色，足部脛節及跗節為暗褐色，腹部為橙黃色，雄蟲第五、六腹節腹面為黃白色。觸角絲狀，前胸背板帶有光澤，點刻較翅鞘之點刻為小，後角具有明顯之突起。小盾片具有微小之點刻，翅鞘上具有三縱向隆起，第六節略呈半圓形。

體長：1.3-1.4 公分，體寬：1.5-1.6 公分。

5. 黃脈紋螢 *Curtos constipennis* (Gorham)

雄性 體型小，頭部為暗黃色，前胸背板、小盾片、翅鞘、前胸及中胸腹板均為黃色，後胸腹板則為黃黑色，前翅鞘後緣為黑色，前中後腳的基節轉節及腿節二分之一均為黃褐色，腿節二分之一及脛節、附節均為黑色。腹部亦為黑色。前胸背板成橫長方形，中央有鞍狀的凹陷，翅鞘的第一前緣脈明顯隆起，此種可以其體色與同屬的種類區分。

體長：0.6-0.7 公分，體寬：0.2-0.25 公分。

6. 恒春脈紋螢 *Curtos mundula* (Olivier)

雌性 頭為黑色，頭頂為褐色，前胸背板為黃褐色，小盾片為黃色。翅鞘為暗褐色略帶紫色，頭頂具淺的鞍狀凹陷，及灰色短毛，稀疏的小點刻，觸角絲狀，前胸背板的點刻較翅鞘為小而密，後角呈銳角，形成長的突出，點刻較淺且小。前翅鞘的隆起脈紋為赤褐色。第五腹節腹面為黃色，其後緣

及第六腹節前半部爲白色，第六腹節後半部及第七腹節爲深黃色，第七腹節較小且略呈三角形，末端略爲圓形。腳爲黑色，跗節爲赤褐色。

體長：0.7-0.9 公分，體寬：0.25-0.3 公分。

7. 台灣窗螢 *Lychnuris analis* (Fabricius)

雄性 體長形，頭部、觸角及翅鞘爲黑色，前胸背板及前、中、後胸均爲黃色，翅鞘邊緣爲一黃邊，翅縫線處的緣線較狹，外緣的黃邊則較寬約 0.1 公分，足的基節、轉節及腿節基部三分之二爲黃褐色，腿節三分之一以下至附節均爲黑褐色，腹部爲黑色，節間略帶黃邊，末節呈黃色透明，末二、三節則爲乳白色，但並未覆滿整個腹節。前胸背板在頭部上方有均勻的圓弧形突起，邊緣部份略爲向上反捲，前端部份有兩個透明的窗室。

體長：1.5-1.7 公分，體寬：0.6-0.7 公分。

8. 大窗螢 *Lychnuris praetexta* (Olivier)

雄性 體形大，頭、觸角及翅鞘均爲黑色，前胸背板、小盾片及前中胸腹板爲橙黃色，後胸腹板爲黑褐色，翅鞘邊緣鑲有黃線，前中後腳之基節與轉節爲橙黃色，其餘部份爲黑色，腹部亦爲黑色，節間略帶黃邊，末節呈黃色之透明狀，末二、三節則除周邊外爲乳白色。觸角爲鋸齒狀，頭部完全引入前胸背板的下方，即使活動時也無法由背側觀察之。此種入冬後就陸續可在各山區及平地發現其蹤跡。

體長：2 公分，體寬：0.9-1 公分。

9. 紅胸扁螢 *Lychnuris sanguiniventris* (Motschulsky)

雄性 體形中型，頭觸角翅鞘小盾片及腳爲黑色，前胸背板中央有一方形紅色區域，此區前端爲兩個四分之三圓的透明窗室，其餘部分爲黑色。前

胸側片及腹部爲橘紅色，腹部背板側後片及腹板側後角爲黑褐色，並著生有黑色的細毛。前胸背板前端向前突出，窗室上有粗大的點刻，窗室及其兩側向下凹陷，紅色區域高突，後角微向上斜起，前胸背板橫切面爲 W 形。腹部五六節並無發光節，兩節之構造及顏色與其他體節無異。此種爲可能爲日行性或兩行性的種類。

體長：1.1-1.2 公分，體寬：0.3-0.4 公分。

10. 橙短角窗螢 *Diaphanes citrinus* Olivier

雄性 體及翅鞘爲土黃色，頭及複眼爲黑色，觸角暗褐色，爲短絲狀，第一節較長，末端爲黃色，足爲黃色，腿節之上端、脛節及跗節爲暗色，前胸背板前緣爲圓形，窗爲長形透明，點刻大而稀疏，其長度比寬度略寬。第一至第四腹節之兩側爲平行，第五至七節之後緣呈截斷狀，第五及第六節爲乳黃色。

體長：1.4-1.5 公分，體寬：0.6 公分。

11. 透翅短角窗螢 *Diaphanes exsanguis* Olivier

雄性 體長形，頭部及前、中胸腹板均爲淡米色，前胸背板、小盾片及翅鞘均爲透明，前胸側片內緣爲黑色，明顯易見，後胸及腹部爲黑色，第五第六節爲白色，部份個體則帶些微的紅色，末節透明。此種分布於玉山國家公園乙女瀑布及鞍馬山一帶。與其同域出現的另有一短角窗螢，由於兩者之間出現的時間及地點均相同，其生殖隔離機制分外引人注意。此種之模式標本採集於中國大陸，然依其散布能力推測，本園區所採集的 *Diaphanes* sp.B，*D. sp.C* 與之應爲不同種類，但尚未與模式標本比對之前，暫定爲此種類，並將其生殖器的描圖並加以描述，以利將來的進一步研究。

體長：1.4-1.5 公分，體寬：0.5 公分。

12. 蓬萊短角窗螢 *Diaphanes formosus* Olivier

雄性 體中型，頭及前、中、後胸為淡紅色，觸角及翅鞍均為黑色，前胸背板透明，由背面觀察前胸背板淡紅色區域明顯可見，腹部為黑色，末節透明，第五六節為乳白色。觸角鋸齒狀，前胸背板半圓形，翅鞘寬大體側不平行。此種可由顏色與翅鞘形狀合其他同屬種類區分。

體長：1.2-1.5 分，體寬：0.6-0.7 公分。

13. 雪氏櫛角螢 *Vesta scutellonigra* Castelnau

雄性 體型大，頭、觸角、小盾片、翅鞘及足均為黑色。前胸背板前端三分之一為透明，其他為橘紅色。前胸側片及部分中胸為橘紅色，腹部第七節為黃色。觸角為櫛齒狀，分支長度長於觸角節長，扁平。前胸背板中央處有鞍型突起，前胸背板兩側微向上斜，前胸背板前端約三分之一處尾節腹板長度為背板的三分之一，腹板中央向後突出成一長約二分之一背板長度的尖銳突起。

體長：1.7-1.8 公分，體寬：0.5-0.6 公分。

本計劃進行期間，在部份國家公園園區中陸續發現一些特殊的短角窗螢，經解剖生殖器後，研判可能為新紀錄種（new record）或新種（new species），其生殖器外型比較如下：

1. 橙短角螢 *Diaphanes citrinus* Olivier（圖一）

陰莖：略長於側片，兩側於近端部 1/4 處及中央產生凹陷；腹板緊貼著背板。

側片：為縱向的，外側微拱形，無骨片拱起，端部有一細長突起。

基片：不對稱型，有中央縱走凹陷，兩側有不對等的骨片自內拱起。
採集地點：墾丁。

2. 蓬萊短角窗螢 *Diaphanes formosus* Olivier (圖二)

陰莖：遠長於側片，端部強烈膨大，而後突然收縮，腹板最寬在近基部 1/3 處，背板則在近端部 1/3 處最窄。

側片：為橫向的(寬大於長)，兩外側拱形，有一小骨片向內拱起，端部有一狹長突起，內側有一小骨片向內拱起。

基片：不對稱型，僅基部中央有一小縱向凹陷。

採集地點：觀霧。

3. 細短角窗螢之一種 *Diaphanes* sp.A

陰莖：與側片等長，端部圓滑，最窄(背板)在近端部 1/4 處，而腹板僅見於近端部 1/5-2/5 處。

側片：為縱向的，兩外側近平滑，有一長而寬骨片向內拱起；端部有一寬而小的突起，內側在近端部 1/3 處膨大。

基片：不對稱型，基部有一狹長骨片向內拱起。

採集地點：觀霧 檜山神木群。

4. *Diaphanes* sp.B

陰莖：較長於側片，端部膨大，背板在中央處最窄，腹板則在近端部 1/3 處最寬，外輪廓非平滑，屬隨意性的鋸齒狀。

側片：為縱向的，外側輕微拱形，有一長而寬的骨片向內拱起，端部有一狹長的突起；內側近突起的基部有一小凹陷。

基片：不對稱型，稍微扭曲，內側有一狹長骨片向內拱起，中央有一縱向凹陷，但至近端部 1/3 處消失。

採集地點：東埔 乙女瀑布。

5. *Diaphanes* sp.C

與 *D. sp.B* 相似，但陰莖較短，約與側片等長，且陰莖腹板較窄。

採集地點：東埔 乙女瀑布。

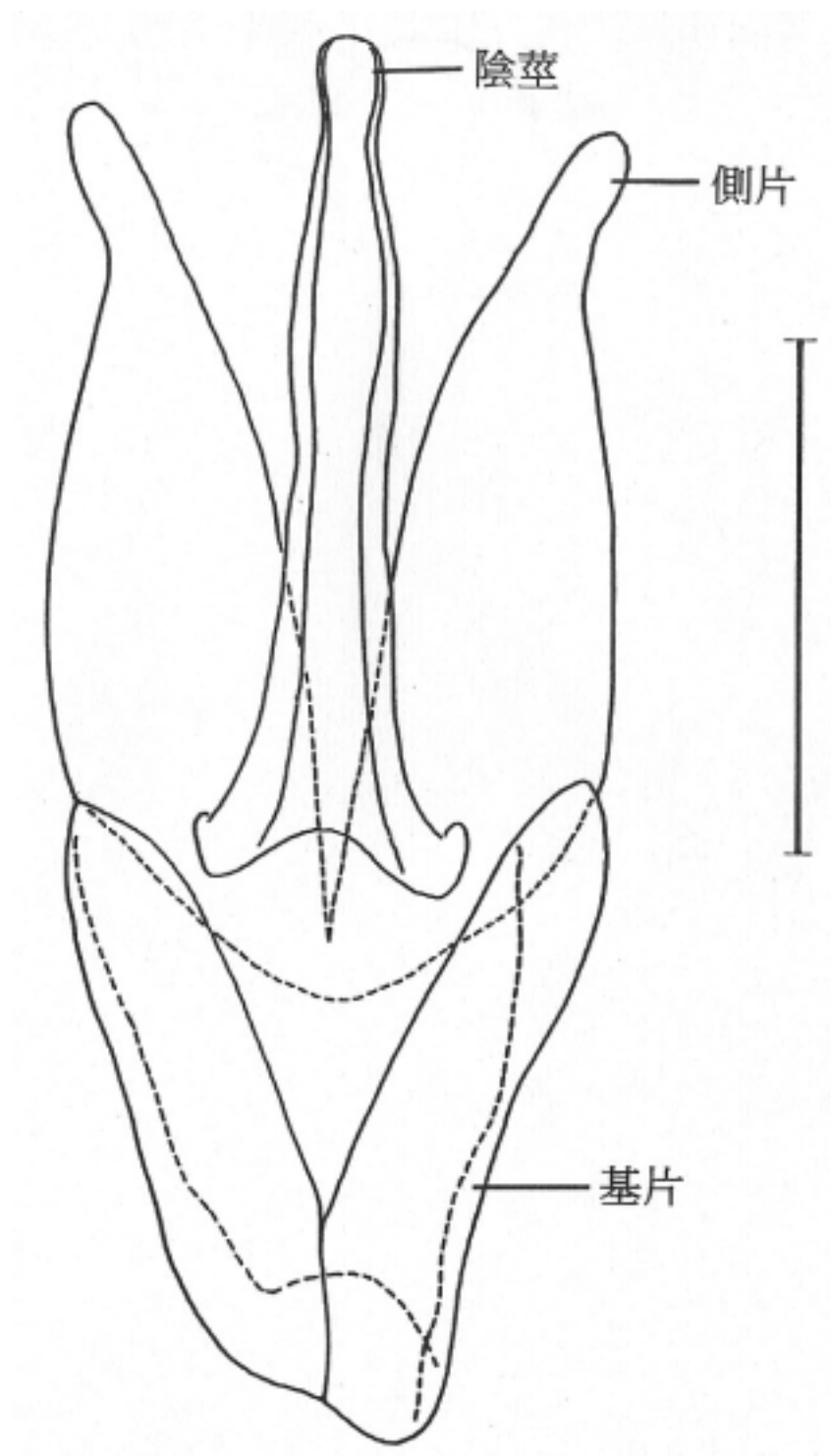
此種與 *D. sp.B* 成蟲出現的時間及地點均相同，不同物種間生殖辨識系統有異，此二種之間的隔離機制可能在於發光頻率的差異，但仍須進一步的證實。

6. *Diaphanes* sp.D

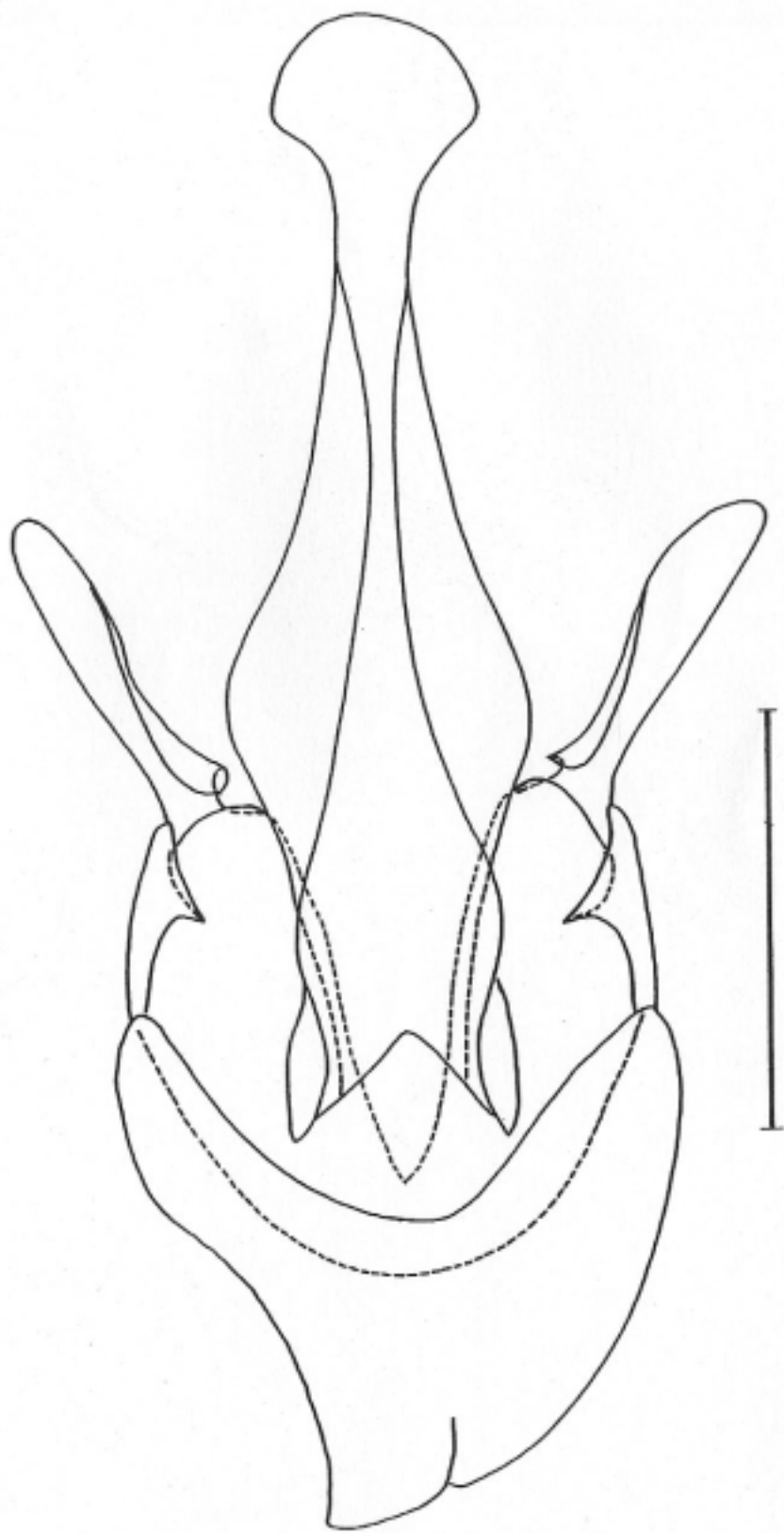
與 *D. Sp.B* 非常相似，但陰莖腹片並未如此寬大，而側片端部的寬突起較短。

採集地點：觀霧 大鹿林道，台北 滿月圓森林遊樂區。

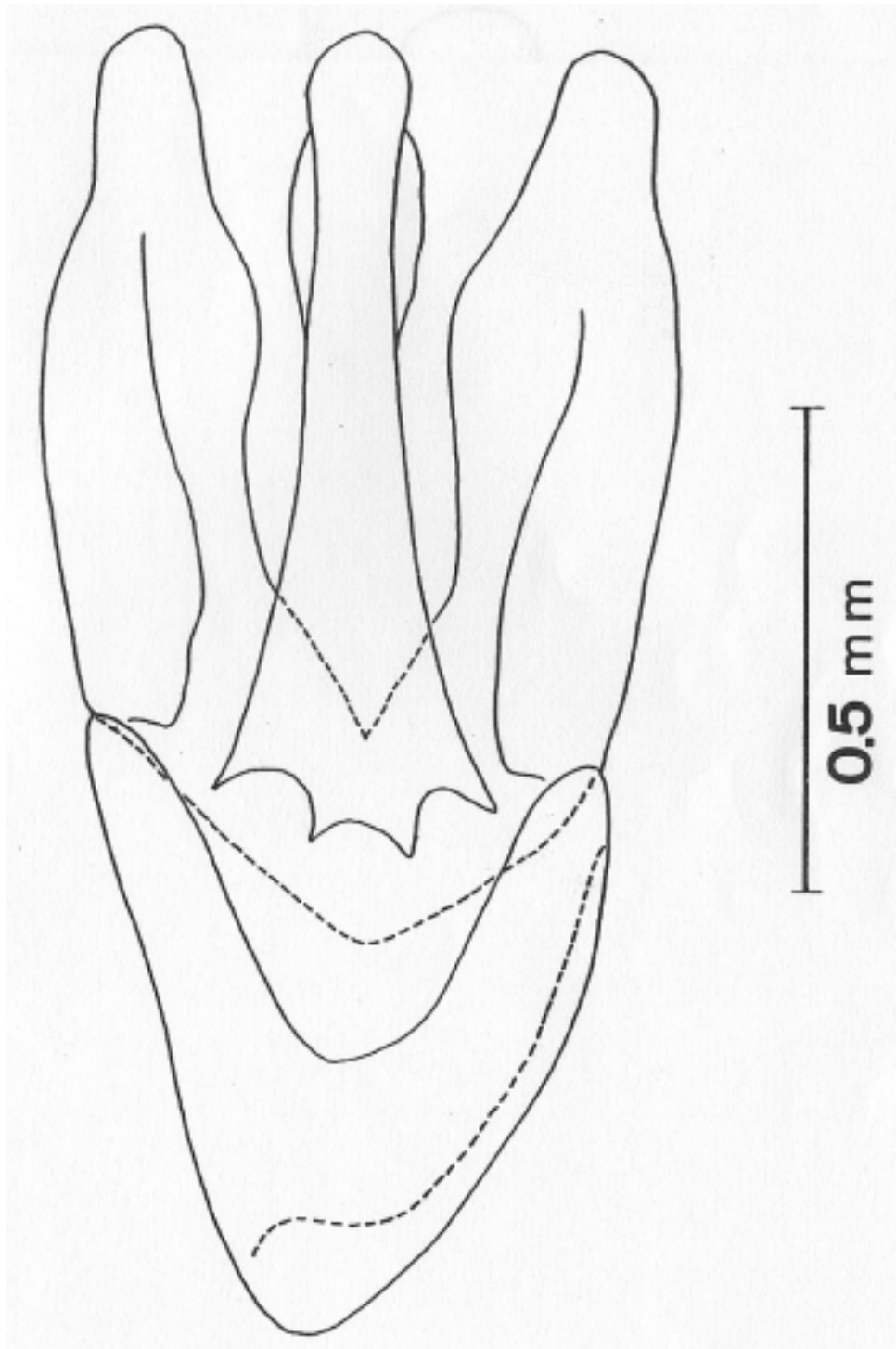
附記：除另行註明外，所有描圖中之比例尺均為 1mm。



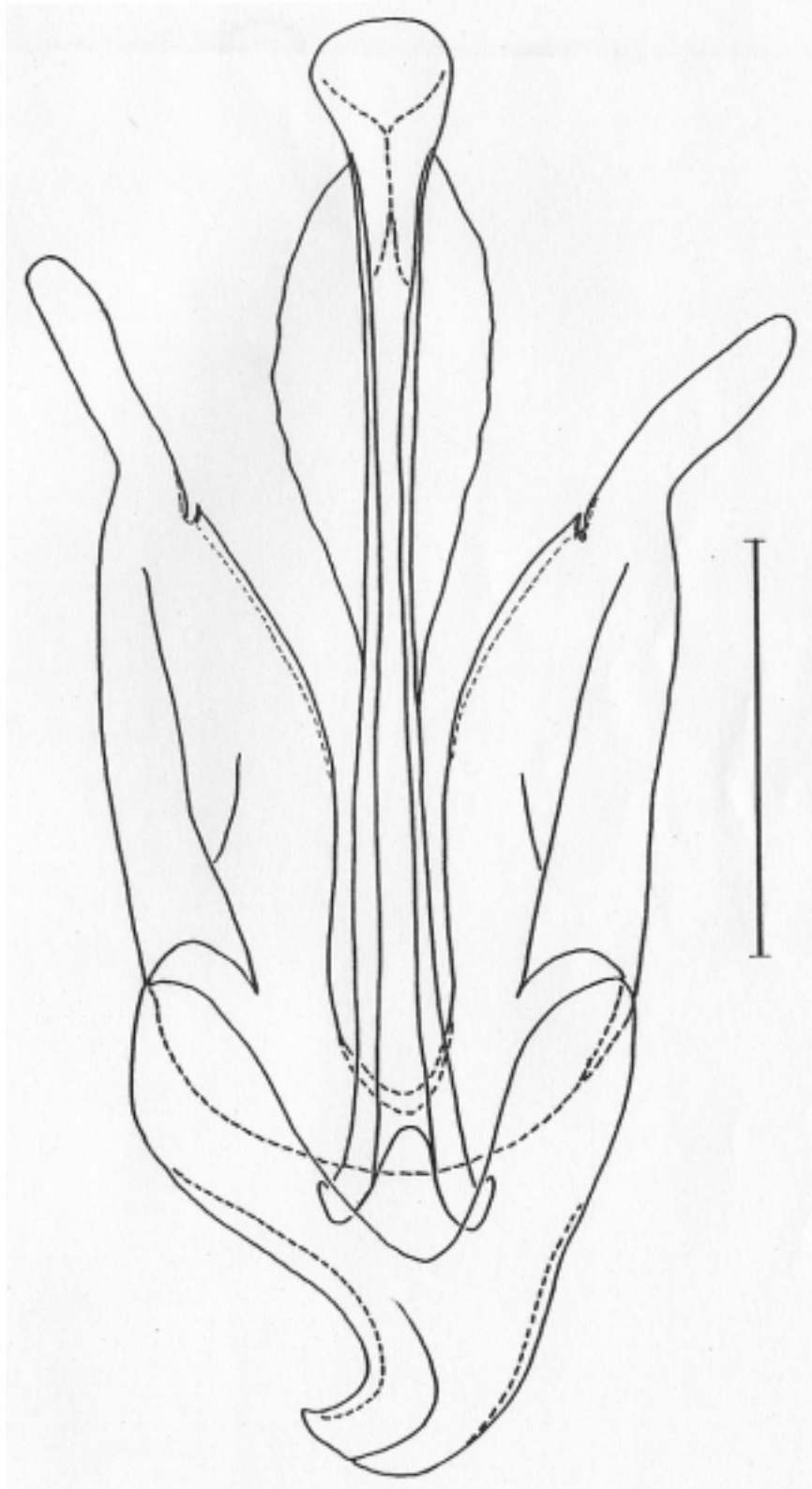
圖一、蓬萊短角窗螢(*Diaphanes formosus* Olivier)



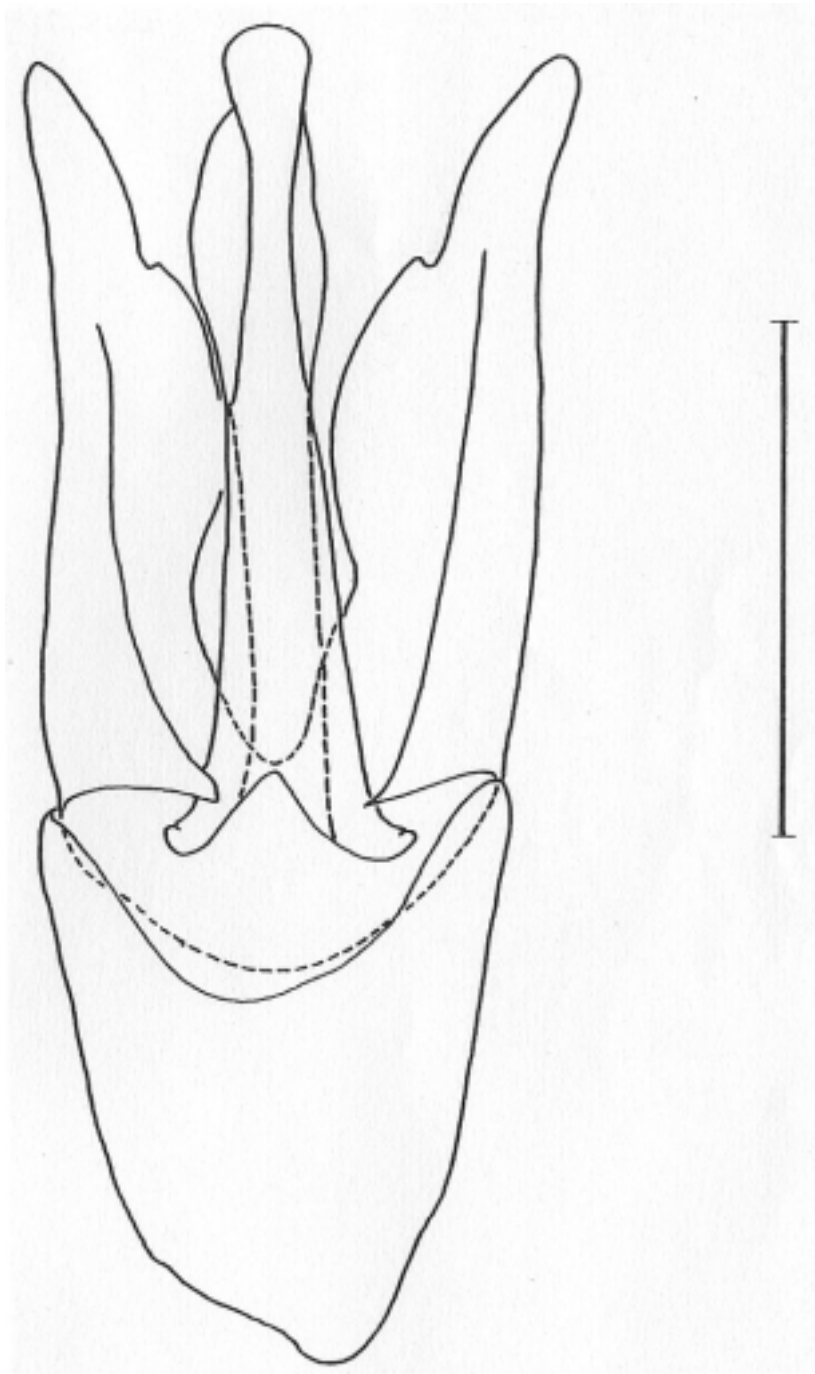
圖二、橙短角窗螢 (*Diaphanes citrinus* Olivier)



圖三、*Diaphanes* sp.A



圖四、*Diaphanes* sp.B



圖五、*Diaphanes* sp.C



圖六、*Diaphanes* sp.D