

壹、緒言

在動物地理學上台灣處在東洋區，氣候涵蓋熱帶至溫帶，動、植物種類繁多，為保護特有的自然風景、野生動植物及古蹟，並供國民娛樂及研究，自民國七十三年起政府陸續成立六座國家公園，其中前五座國家公園涵蓋面積佔了本島面積的 8.4%，為生物提供了良好的棲息環境；據 Jeng *et al.* (1999) 之調查，棲息於國家公園內的螢火蟲種類共紀錄得 45 種，是故有關國家公園的螢火蟲資源已有初步結果。然而，在各森林遊樂區及休閒農場之螢火蟲相，則缺乏全年性調查報告，現有賞螢推廣活動所提及之螢火蟲資源，大多是工作人員據自己經驗整理，難免出現鑑定錯誤的現象。至於螢火蟲成蟲發生數量方面也是僅僅以目測法估計，所以和實際數量落差相當大。近年來在一些基金會、政府機關及國家公園的推動之下，如金車基金會的「螢火蟲展示活動」、中華汽車的「火金姑之夜」、台北市政府的「螢火蟲生態之旅」、「螢回虎山」、國家公園的「與螢有約」等活動，再加上各個觀光農場、林場的賞螢活動的推波助瀾，一時之間賞螢活動蔚為風潮！但如果沒有螢火蟲資源調查作為背景，沒有賞螢活動規範及相關解說人員的協助，這些活動反而會成對螢火蟲資源及保育造成衝擊。東勢林場之螢火蟲資源豐富，過去在棲地保護上亦做了一些措施（Yang 1998）但有關螢

火蟲資源及全年螢火蟲之發生情況，則未見報告；為保護此區之螢火蟲資源及推廣賞螢活動，本研究擬以台中縣東勢鎮的東勢林場作為調查樣區，由 1998 年 11 月至 2000 年 4 月，在東勢林場內進行定性及定量的調查，以期瞭解不同種類幼、成蟲的全年發生情況；並同時進行主要種類的數量估算及相關生態學研究。

貳、往昔研究

一.台灣螢火蟲資源調查研究

據 Jeng *et al.*(1999)之報告，台灣的螢火蟲研究迄今已有近一百年的歷史，依研究者可分為四個時期：(一)二十世紀初期以歐陸的研究者為主，代表學者有法籍的 E. Olivier 與 M. Pic 等人，並或記錄了台灣種螢火蟲；當時這些材料則幾乎全由在台的德籍昆蟲採集家 H. Sauter 所提供。(二)1920 年代到 1930 年代在台的日籍學者接續研究，代表學者有松村松年、岡田要與三輪勇四郎等，除了松村曾發表四種台灣產螢火蟲之外，此時期的報告多半是整理前人研究性質，但可能受到「素木標本」的影響，三輪的報告中可能將數種非台灣產的種類列入名錄中(三)二次大戰末期至 1960 年代初期在台灣螢火蟲研究上幾乎一片空白，直至 1960 年代中期起才陸續有日本學者來台採集調查，開啟新的研究階段。此一時期的代表學者包括

中根猛彥、大場信義、佐藤正孝等，除發表許多新種外，並有了新的研究方向，如少數幾種螢火蟲之基礎生態學研究。(四)1990年代中期起則陸續有本土的學者投入螢科的研究工作，除繼續分類學的研究外，亦著手進行保育及復育的生態研究 (Lin 1992 ; Ho *et al.*, 1996 ; Ho 1997 ; Chang 1994 ; Chen and Chen 1997 ; Chen *et al.*, 1998 ; Chen and Ho 1996 ; Yang 1992,1996,1997,1998 ; Lai *et al.*, 1998)。

至於台灣國家公園的螢火蟲相現則已有詳細的紀錄，Jeng *et al.* (1999) 在各國家公園所記錄的種類，以玉山國家公園的 25 種為最多，其次是墾丁國家公園的 20 種，再次為陽明山國家公園 17 種、雪霸國家公園 16 種、太魯閣國家公園 14 種，最少的是金門國家公園 1 種。而至 Yang (1998) 則根據台大昆蟲保育研究室之調查結果記錄將台灣各森林遊樂區及其他賞螢地點的螢火蟲相及最佳賞螢時間作一整理。

二.台灣螢火蟲生活史之研究

台灣已記錄的螢科昆蟲，除了黃緣螢 (*Luciola ficta* Olivier) 條背螢 (*L. Substriata* Gorham) 黃胸黑翅螢 (*L. sp.*) 的幼蟲為水生，鹿野氏黑脈螢 (*Pristolycus kanoi* Nakane) 的幼蟲為半水生外，其餘種類為陸生，陸生的螢火蟲；雖然成蟲期很短暫，但是整個世代的時間卻很長，最短的如大陸窗螢

也需約 4 個月 (Lin 1992), 而大多數種類, 由於生活史未明, 猶待深入研究。

有關於陸生性螢火蟲成蟲出現時期及其在野外之分布, 可參閱 Yang (1998)、Chen *et al.* (1998) 及 Jeng *et al.* (1999) 之報告。至於生活史, 茲以大陸窗螢及山窗螢為例說明陸生螢火蟲的生活史:

1. 山窗螢 (*Pyrocoelia praetexta*):

如將野外採集的山窗螢幼蟲抓回室內飼養至成蟲, 然後成蟲交配產卵之後, 待所產的卵孵化之後, 將孵化的幼蟲以單隻飼養的方式, 在以扁蝸牛 (*Bradybaena similaris*) 飼養, 置於室溫下之條件下, 其發育日數雌螢為 195 日, 雄螢為 171 日、完成一代的時間雌螢為 365 日, 雄螢為 335 日, 至於各齡期之詳細日數及形態則可參閱 Chen *et al.* (1998) 之報告。

2. 大陸窗螢 (*Pyrocoelia analis*):

如將野外採集的大陸窗螢幼蟲抓回室內飼養至成蟲, 然後成蟲交配產卵之後, 待所產的卵孵化之後, 將孵化的幼蟲以單隻飼養的方式, 同樣以扁蝸牛飼養, 置於室溫下之條件下, 其發育日數、完成一代的時間約約 4 個月, 有關此蟲之詳細形態及相關生物學研究可參閱 Lin (1992) 的報告。

至於水生螢火蟲的生活史、形態及相關生物學研究, 已發表的文獻有 Chang (1994)、Ho and Ching (1997) 及 Ho *et al.* (1998) 等, 茲以黃緣螢及

條背螢為例說明水生螢火蟲之生活史及相關研究：

1. 黃緣螢：

如將野外採集活來的幼蟲，或是捕捉其雌雄成蟲，帶回室內採卵，將卵定溫 25 的環境下，卵孵化平均需 21.8 ± 0.7 天；將水溫控制在 22.5 ± 2.5 之環境下飼養幼蟲，黃緣螢完成一個世代的時間約需 120 天。在室內，一年年可養三個世代。而有關於此蟲之生活史或其他生態學資料，可參閱 Chang (1994)、Ho and Chiang (1997) 之報告。

2. 條背螢：

條背螢是台灣產 5 種「端黑螢」型螢火蟲中的一種，外型類似日本螢 (*Luciola japonica* Thunberg)；雄蟲體長 10.3 ~ 10.5 mm，前胸背板寬約 3.0 ~ 3.1mm，雌蟲體長 11.6 ~ 11.8 mm，前胸背板寬 3.3 ~ 3.4 mm。雌雄體皆呈橙黃色，體壁布滿細小點刻與細毛。成蟲的發生期在 Ho *et al.* (1998) 的調查中發現發生其很長，成蟲發生期從四月開始，一直持續到十月，再期間內可同時發現卵、成蟲及各齡期的幼蟲，但幼蟲不易發現，五、六月為出現的高峰期，八月後成蟲數量減少。成蟲壽命短，雌蟲從羽化到產卵、死亡，一般約在十天左右。雌蟲在交配產卵後不久隨即死亡，雄蟲則可進行多次交配。而有關於此蟲之其他詳細生態學資料可參考 Ho *et al.* (1998) 的報告。

參、材料與方法

一、調查地點及範圍：台中縣東勢鎮東勢林場（台中縣東市鎮勢林路 6-1 號）

二、調查時間：1998 年 11 月 11 日至 2000 年 4 月 5 日

三、調查方式：

1. 定性調查：於調查期間，每 1-2 週，每次 1~3 天，至上述調查地點調查，調查區域內之螢火蟲種類。

2. 定量調查：由於螢火蟲幼蟲較成蟲難發現而且會蛻皮，所以利用相對豐度的方式來估算幼蟲數量。至於成蟲除黑翅螢（*Luciola cerata* Olivier）因已知其發生期之時間，所以利用絕對豐度的方式估算其族群數量，至於橙螢（*Diaphanes citrinus* Olivier）及山窗螢（*Pyrocoelia praetexta* Olivier）成蟲，因在進行調查前並不知道其在東勢林場的發生期為何時，所以亦是利用相對豐度的方式估算其族群數量，而不同的定量調查及分析，則如下所述。

一.成蟲族群數量估算

(i) 黑翅螢（*L. cerata*）：

黑翅螢成蟲的估算是採用絕對豐度的估算，自 1999 年 4 月 3 日至 1999 年 5 月 17 日止，每週至黑翅螢成蟲之棲地，利用捕蟲網捕捉黑翅螢，以油漆筆（PILOT, SUPER COLOR SC-G-M, made in Japan）標記後釋回；並自第 2 天再至樣區以捕

蟲網捕捉黑翅螢成蟲，除檢視所抓之黑翅螢成蟲有無標記外，未標記的成蟲則用油漆筆在翅鞘的不同的部位與以標記。

據 Wey (1990)，標記再捕法的依標記次數的多寡分為單一標識 (single marking) 及多次標識 (multiple marking)，在單一標識中最為人所知的方法是 Lincoln Index，但是由於 Lincoln Index 的前提是族群必須是封閉族群，且兩次取樣之間需無遷入、遷出，所以並不適合用以估算黑翅螢成蟲數量，至於多次標記的標記再捕法較常使用的有 Fisher-Ford method, Jolly-Seber method, Manly-Parr method 但由於這些方式需不斷標記才能估算成蟲數量，以至於無法和調查時間配合，所以利用 Bailey's triple-catch method 估算調查第 2 日的成蟲數量，並計算其損失率及稀釋率。此估算方式之基本公式為：

$$N_2 = a_2 n_2 r_{31} / r_{21} r_{32}$$

$$\text{Var}N_2 = N_2^2 (1/r_{21} + 1/r_{32} + 1/r_{31} - 1/n_2)$$

N_2 = 第 2 天的族群總量估值；

a_2 = 第 2 天所標示的個體數；

n_2 = 第 2 天捕捉到的個體數；

r_{21} = 第 2 天所捕捉到的第 1 天標示個體數；

r_{31} = 第 3 天所捕捉到的第 1 天標示個體數；

r_{32} =第 3 天所捕捉到的第 2 天標示個體數。

損失率 (loss rate, 遷出和死亡所造成之結果):

$$=-\ln (a_2 r_{31} / a_1 r_{32})^{1/t_1}$$

a_1 =第 1 天所標示之個體數

t_1 =第 1 次至第 2 次取樣的時間間隔

稀釋率 (dilution rate, 遷入和出生所造成之結果):

$$=\ln (r_{21} n_3 / n_2 r_{31})^{1/t_2}$$

n_3 =第 3 天捕捉到的總個體數;

t_2 =第 2 次至第 3 次取樣的時間間隔。

(ii) 山窗螢 (*P. praetexta*):

山窗螢之族群數量估算採用相對豐度的方式估算成蟲數量, 於 1999 年 10 月 31 日至 1999 年 11 月 21 日, 於夜間成蟲活動時間, 利用捕蟲網捕抓成蟲並用記數器記錄所捕抓之成蟲數量, 並記錄完成一次捕抓所需的時間; 調查面積 150 公尺 × 5 公尺

(iii) 橙螢 (*Diaphanes citrinus* Olivier):

此蟲之調查方式同山窗螢成蟲的估算方式, 調查時間是從 1999 年 10 月 10 日至 1999 年 11 月 7 日。

黑翅螢成蟲及山窗螢、橙螢成蟲的估算方式不同的原因是因為在進行黑翅螢豐度的估算時，已經知道其發生時期，故選定每星期六、日、一，用 Bailey's triple-catch method 的方式進行族群總量估算；但是進行山窗螢、橙螢成蟲數量估算時，由於不知道其成蟲發生期為何時，所以無法進行 Bailey's triple-catch method 的估算，只能用相對豐度的方式來表示山窗螢、橙螢成蟲的數量。

二.幼蟲族群數量估算

(i) 山窗螢：

從 1999 年 5 月 16 日至 1999 年 10 月 2 日，採用相對豐度的方式來估計幼蟲數量。先在幼蟲的棲地隨機放置 50 個 50 公分 × 50 公分的木框或醒目的角材(塗白色油漆)當標示(如圖 1 所示)，每週調查時隨機取 20 個木框或角材，調查木框內的幼蟲種類及數量。本研究之所以利用角材的原因是因為從 1998 年 11 月開始在東勢林場內進行調查時遭遊客破壞，所以被破壞的木框則改用角材代替；而調查期間適逢 921 地震，幾乎一半以上調查用的木框全毀，最後全部以角材代替。

(ii) 橙螢：

調查時間是從 1999 年 8 月 8 日至 1999 年 12 月 5 日，調查方式和估算方式同山窗螢幼蟲。

(iii) 黑翅螢：

亦採用相對豐度的方式來估算幼蟲數量，調查時間是從 1999 年 8 月 8 日至 2000 年 3 月 27 日；方式是選定一塊黑翅螢幼蟲聚集較多的棲地，測量其棲地大小之後，每週記錄一次，棲地內的幼蟲種類及數量。而調查面積 3 公尺 × 4 公尺

(iii) 端黑螢 (*Luciola gorhami* Ritsema) :

調查方式及估算方式同黑翅螢幼蟲，棲地亦是同一塊棲地；惟調查時間是從 1999 年 11 月 21 日至 2000 年 4 月 15 日。

黑翅螢及端黑螢幼蟲的調查方式會和山窗螢或橙螢不同的原因是橙螢及山窗螢幼蟲的棲息地多為平坦且較乾燥的草坪，而且幼蟲體型較大，容易發現；山窗螢及橙螢幼蟲在棲息地的分布較為平均。至於黑翅螢幼蟲有聚集一地的現象，且體型又小所以在調查時黑翅螢及端黑螢幼蟲時需要在站在棲地之前，仔細尋找幼蟲所發出的螢光，方能找到幼蟲蹤跡。

肆、結果與討論

一.東勢林場螢火蟲相

經過一年多之調查，出現在東勢林場內的螢火蟲共有 5 屬 9 種，這些種類可見於表一：

東勢林場螢科之分類狀況，如根據 Jeng *et al.* (1999) 之分析方式，以水平

分布而言，東勢林場內的螢火蟲，可以發現以廣布型（台灣全島從北至南皆可見者）的螢火蟲為最多，分別是：雙色垂鬚螢（*Stenocladus bicoloripes*）、大端黑螢（*Luciola anceyi*）、黑翅螢（*Luciola cerata*）、紅胸黑翅螢（*Luciola kagiana*）、橙螢（*Diaphanes citrinus*）、紅胸窗螢（*Pyrocoelia formosana*）及山窗螢（*Pyrocoelia praetexta*）共 7 種。而中南部型（玉山國家公園至墾丁間，含雲、嘉、南、高、屏東、台東等縣市及國家公園內的南投、花蓮二縣）只有端黑螢（*Luciola gorhami*）1 種，至於梭德氏脈翅螢在 Jeng *et al.*（1999）的報告中並無依其空間分布而將之分類，但是 Jeng *et al.*（1999）的報告中有提及班胸脈翅螢（*Curtos* sp.）的水平分佈為廣佈型，而據 Jeng and Yang（1998）的報告可知，班胸脈翅螢和梭德氏脈翅螢為同一種，所以可以確認梭德氏脈翅螢如依水平分布而加以歸類可歸為廣佈行螢火蟲。

如以垂直分布來說，東勢林場標高 500 公尺，而據 Jeng *et al.*（1999）的報告可知，除了端黑螢的垂直分布是在海拔 500 公尺以下之外，其餘種類（大端黑螢、黑翅螢、紅胸黑翅螢、橙螢、山窗螢），皆可分佈在海拔 500 公尺到 1500 公尺，而紅胸窗螢及雙色垂鬚螢更可分佈在海拔 500 到 2300 公尺的高度。而梭德氏脈翅螢的垂直分布則可分佈在 1500 公尺以下的高度。

由於東勢林場內的螢火蟲都是陸棲性，而陸棲性的螢火蟲，據 Jeng *et al.*

(1999) 的報告認為螢火蟲分布形式的主要限制可能是溫、濕度因子，而此二因子並受到地形、氣候及植被的影響。至於影響螢火蟲棲地為氣候最重要的間接因子可能為植被的型態。Hwang (1995) 指出其植被主要由陽性、中性及少數陰性數種組成。由於土壤層化育較差且林相鬱閉度較低，蒸散作用強烈，此類環境並不利於螢科及其幼蟲食物-蝸牛等之生存，故少有螢火蟲記錄於此地，而據 Jeng *et al.* (1999) 之研究發現，在雲霧盛行帶內即使是人造林（如柳杉林）或次生林（如演替後期的台灣赤楊林），甚至於是林緣草生地環境，只要上層或周圍林木鬱閉程度高，能保持草本層及下部灌木層（或小喬木）發育完整，螢火蟲一樣能生息於其間，因此植物群聚的社會結構中，下層植被對螢科分布的影響應是較直接且重要的，而上層結構則間接影響下層結構的植被種類與完整程度；而在人為開發較密集地區，原生植被多已被破壞殆盡而淪為人工植被型態，如果園、造林地，而也因此螢火蟲的歧異度大為降低，這和下層植被的喪失及嚴重的人為干擾有絕對的關聯；且人為干擾是影響螢火蟲分布相當重要的因素 (Ohba 1997)，而東勢林場內步道兩旁的邊坡是螢火蟲幼蟲的生息地，因此邊坡植被的有無對於螢火蟲的分布也會造成影響；另外，東勢林場內會在步道兩旁進行定期除草，這亦造成邊坡裸露，使螢火蟲退避至干擾較少的地區。

二. 東勢林場螢火蟲在一年中幼、成蟲之發生

東勢林場內不同螢火蟲之發生時間其結果如表二；由表中可知成蟲的發生期黑翅螢是從 4 月初至 5 月中旬，大端黑螢從 4 月初至 4 月中旬，紅胸黑翅螢從 4 月初至 4 月中旬，端黑螢從 7 月中至 7 月底，橙螢從 10 月中至 11 月初，大窗螢從 10 月底至 11 月底，梭德氏脈翅螢從 5 月初至 5 月中旬，雙色垂鬚螢出現在 10 月底，紅胸窗螢出現在 3 月初到 3 月底，而幼蟲的發生期則是黑翅螢從 8 月初至隔年的 3 月底，端黑螢從 11 月底至隔年的 4 月中旬，橙螢從 8 月初至 10 月初，山窗螢蟲 5 月中旬至 10 月初，至於雙色垂需螢及紅胸窗螢則是在整個調查期間僅在 99 年 8 月中旬及 98 年 11 月發現過一次，而大端黑螢、紅胸黑翅螢及梭德氏脈翅螢在整個調查過程中並未發現其幼蟲；由野外的調查結果來看，山窗螢的蛹期大約 3 星期，但是室內飼養資料 (Chen *et al.* 1998) 的蛹期卻是約 2 星期，而由 Lin (1992) 可知，窗螢屬螢火蟲在化蛹前有數天到數十天不動不食，所以這可能是野外調查和室內飼養蛹期不同的原因，從表二中可知，最後一次發現橙螢幼蟲的時間是 1999 年 10 月 10 日而第一次發現橙螢成蟲是在 1999 年 10 月 24 日，所以東勢林場橙螢的蛹期可能約為 2 週。

三. 幼蟲體長

幼蟲體長之變化可見於圖 3 至圖 6，從幼蟲體長的變化配合室內飼養的資

料，可以推知幼蟲野外的齡期。而齡期區分主要依據圖 7 至圖 9 所示。由於前幾齡的幼蟲體態微小，所以本研究沒有記錄到前幾齡幼蟲。至於端黑螢由於只找到一個齡期，體長為 $0.54 \pm 0.11\text{cm}$ ，所以尚無法判定為何齡幼蟲。

四.黑翅螢成蟲發生數量

由 1999 年 4 月 4 日至 1999 年 5 月 16 日標記再捕黑翅螢成蟲所得的資料如表四，其中估計值在 1999 年 4 月 11 日到最高，表示在取樣期間內，在 1999 年 4 月 11 日成蟲族群量最大。由稀釋率來看在 4 月 18 日羽化的成蟲最多，但整體而言在調查期間成蟲數量在 4 月 18 日後便開始減少，顯示從 4 月 11 日之後成蟲族群量便開始呈現負成長的趨勢。而由黑翅螢成蟲族群估計值來看，標準差相當的大，除了顯示標示的個體數不足之外，從再捕率及估算結果來看，黑翅螢其分散能力並不佳，造成再捕率高，但是標準差亦非常高的現象，使得黑翅螢族群數量估計值的可信度降低。

五.螢火蟲棲地現況

本研究整理、記錄，將東勢林場內螢火蟲的棲地，擬依種類及出現地點分成

以下數型棲地：

(一) 成蟲棲地：

a. 黑翅螢、紅胸黑翅螢、大端黑螢成蟲棲地：東勢林場螢火蟲季主要觀

賞螢火蟲的地方是在螢火蟲觀賞區，其地形較複雜，在遊客觀賞區前
先是有平坦的草坪，而草坪盡頭連接的是佈滿植被的陡峭坡地而旁邊
是楓林小徑登山道；在此區活動的螢火蟲種類有紅胸黑翅螢、黑翅螢
及大端黑螢成蟲，據實地觀察黑翅螢雄成蟲大多棲息在草坪上，而黑
翅螢雌蟲多棲息在草坪週邊較矮的樹上，至於草坪週邊較高的樹林，
則為大端黑螢雌雄成蟲的棲息場所。至於紅胸黑翅螢雌雄成蟲則皆在
楓林小徑登山步道間活動。

- b. 橙螢、山窗螢成蟲棲地：橙螢及山窗螢成蟲發生期時，在楓林小徑登
山道入口處可以發現最多的雄成蟲活動；此處植物鬱閉度不高，為較
開闊且較乾燥的步道。而除了山窗螢及橙螢成蟲活動之外，此處亦有
雙色垂鬚螢雌成蟲出現。
- c. 梭德氏脈翅螢成蟲棲地：梭德氏脈翅螢發生期時，在東勢林場後方的
自然保留區可以發現較多的成蟲出現，其棲地為一狹長步道，此處植
物鬱閉度高，地形較封閉且潮濕，地勢複雜，有些地方有明顯上下坡，
有些則為平坦的步道，植物相也較前三個調查地點複雜。在此處除了
有梭德氏脈翅螢成蟲出現之外，尚有紅胸窗螢幼蟲存在。
- d. 端黑螢成蟲棲地：東勢林場內端黑螢成蟲最多的地方是在觀音洞步

道，步道兩旁一邊是有植被且較潮濕的土質山壁，而另一側則是灌木叢及一些小喬木的植被，而端黑螢成蟲則是在步道上空活動。

(二) 幼蟲棲地：

- a. 黑翅螢、端黑螢幼蟲棲地：在本區觀音洞步道上有一處可供遊客參拜的地方，而旁邊的潮濕土質山壁是黑翅螢及端黑螢幼蟲聚集的棲地；黑翅螢及端黑螢幼蟲喜歡棲息在此潮濕山壁的土表。
- b. 山窗螢幼蟲棲地：山窗螢幼蟲在東勢林場內無光害影響的平坦草地上都有發現，但是幼蟲聚集較多的地方則是位於楓香山莊後方，為一平坦的長方形草坪，土質較乾。
- c. 橙螢幼蟲：東勢林場內橙螢幼蟲主要是分佈在觀音洞步道，步道兩旁一邊是有植被且較潮濕的土質山壁，而另一側則是灌木叢及一些小喬木的植被，橙螢幼蟲會棲息在土質山壁及灌木叢上。

伍、東勢林場螢火蟲棲地經營管理及建議

東勢林場螢火蟲資源豐富、族群出現穩定，為一極佳的賞螢地點，但目前在經營管理上出現下列諸問題：

1. 小木屋太多及螢火蟲棲地附近燈光所帶來的的燈光干擾。

小木屋太多對螢火蟲造成的燈光干擾的問題主要出現在楓香山莊後方

的山窗螢棲地；而楓林小徑入口處附近的民俗公園的燈光在黑翅螢成蟲、橙螢及山窗螢成蟲發生期，會對發生期的成蟲造成不利影響。所以在黃昏之後，應將小木屋及民俗公園附近的燈光關閉，以避免燈光對於螢火蟲飛翔、求偶行為造成不利的影響。

2. 整地造成的棲地破壞。

這問題最常出現在山窗螢、橙螢幼蟲棲地；東勢林場內雖已利用人工除草，但是由調查經驗中得知，如果在調查之前幾天或當天，場方有除草，則當次的調查經常是找不到幼蟲存在。而由於橙螢、山窗螢幼蟲的發生期較長，而為了美觀及遊客安全舒適的理由，場方又不可能不除草，所以未來如何再除採集保護幼蟲棲地上有賴場方費心。

3. 賞螢遊客的捕捉及賞螢時手電筒所帶來的干擾。

目前場方已經要求遊客在賞螢時要將手電筒罩上紅色玻璃紙並會勸導民眾不要捕捉螢火蟲，但是這僅限於有參加場內例行賞螢活動的遊客，一些沒有參加賞螢活動的遊客，手電筒並無加罩玻璃紙，且有捕捉螢火蟲的行為。而對於自行賞螢的遊客，場方目前並無方法可規範這些遊客捕捉，所以未來建議廠方應加強宣導，並落實賞螢嚮導致度。

另外據 2000 年 3 月 20 日的聯合報報導—東勢林場將舉辦螢火蟲野放活動，以目前台灣能繁殖成蟲且能大量提供野放的，僅有黃緣螢一

種，但東勢林場目前並沒有黃緣螢，所以為增加螢火蟲資源之野放行為並不值得鼓勵，因為目前陸域種類及出現數量頗多，實沒必要進行耗時耗人力耗經費之野放活動，不過如能開闢一螢火蟲室內展示場（或展示中心），則箱養其他種類螢火蟲市可以接受的，最後建議林場，能將本研究結果進一步製作摺業、手冊或拍攝影片，以提升賞螢品質及推廣螢火蟲環境教育工作。

陸、東勢林場螢火蟲發生數量及最佳的賞螢時機

表四是東勢林場螢火蟲成蟲在一年中之發生時間及數量變化，由表四可知在 4 月初至 5 月中旬以黑翅螢出現數量最多，而 4 月中旬黑翅螢的發生數量達到高峰，而黑翅螢發生的同時據表二可知，除了黑翅螢外，尚有大端黑螢、紅胸黑翅螢及梭德氏脈翅螢發生，但是紅胸黑翅螢、大端黑螢、梭得氏脈翅螢的數量均遠少於黑翅螢數量，而 10 月至 11 月則是山窗螢及橙螢的數量為最多，雙色垂鬚螢的數目則遠少於山窗螢及橙螢成蟲的數目，至於幼蟲的發生數量從圖 2 中可知，從 5 月至 10 月是以山窗螢及橙螢幼蟲的數目為最多，而黑翅螢及端黑螢的幼蟲則是由 8 月一直到隔年的 4 月數量較多，但是由於黑翅螢及端黑螢幼蟲體型細小的關係，所以調查到的數量少於山窗螢及橙螢幼蟲數量；如果同時考

量螢火蟲發生時間、賞螢時機及賞螢的方便及安全的話，則全年最佳的賞螢時機即可管賞到之種類整理如表五；4月初到5月中旬的黑翅螢為第一個最佳賞螢時機，在黑翅螢大發生的同時尚有紅胸黑翅螢及大端黑螢發生，而至黑翅螢發生快結束時梭德氏脈翅螢也開始出現，至於6月份，在東勢林場幾乎無成蟲發生，反而可以看到山窗螢的幼蟲在林場內的步道出現，到7月份則有端黑螢出現，雖然在數量及發生時間上不若黑翅螢壯觀及持續，但是以遊客賞螢的觀點來看，端黑螢的發生為第二個賞螢時機，從8月份到10月初為止，林場內多為橙螢及山窗螢的幼蟲，成蟲沒有發現，但是到了10月初，則開始有橙螢成蟲發生，到10月底有山窗螢成蟲發生，雖然數量及發生時間較黑翅螢少且短，但是因為短角窗螢屬及窗螢屬的成蟲體型較熠螢屬為大且為發持續光，所以為第三個賞螢時機，而在各成蟲期之間的幼蟲期則提供了遊客賞螢的另一種選擇。

柒、致謝

本論文的完成必須感謝我的指導教授 楊平世老師的指導及鼓勵，同時也感謝試驗地點-東勢林場內的工作人員所給予我的幫助。

感謝實驗室的學長學姊-鄭明倫學長、賴郁雯學姊、葉淑丹學姊在我開始

接觸螢火蟲之處，帶我到野外採集，讓我能掌握螢火蟲的棲地環境及如何鑑別各種螢火蟲種類。

曾經陪我去東勢林場調查的中興大學昆蟲系學弟學妹及同學 - Friday、春燕、奕霖、小點心、皮卡、佑達、景岳，非常謝謝你們的協助。

最後是我的家人，謝謝他們的支持使我能夠完成碩士班的學業。

八、參考文獻

- Chang, J. C. 1994. Studies on artificial rearing of aquatic fireflies, *Luciola ovalis* Hope, in Taiwan. Master thesis, Dept. Entomology of National Chung-Hsing University, Taichung. 48pp. (In Chinese)
- Chang, J. C., and P. S. Yang. 1998. The habitat of the fireflies. The Ecology and Conservation of the Fireflies Symposium. 65-67. (In Chinese)
- Chen, C. R., and J. R. Ho. 1996. The introduction of firefly, *Rhagophtha ohbai*. Nature conservation quarterly eng. 16(4):46-49. (In Chinese)
- Chen, S. C., and R. C. Chen. 1997. The firefly-*Luciola ficta*. Journal of I-Lan institute of agriculture and technology. 14: 25-31. (In Chinese)
- Chen, S. C., R. J. Chen., and S. J. Ouyang. 1998. The Life history of the firefly, *Pyrocoelia praetexta*. Journal of Ilan institute of technology. 1: 53-58. (In Chinese)
- Ho, J. R. 1997. The lantern in the dark-firefly. Taiwan endemic species research center, Nantou. 131pp. (In Chinese)
- Ho, J. R., and B. H. Chiang. 1997. Two firefly species with aquatic larvae in Taiwan. Nature conservation quarterly eng. 17 : 42-46. (In Chinese)
- Ho, J. R., C. J. Lin., and J. T. Yen. 1996. The inventory fireflies fauna in Tainan country and the amelioration on artificial rearing of firefly, *Luciola ficta*. Taiwan endemic species research center, Nantou. 21pp. (In Chinese)
- Ho, J. R., C. J. Lin., and J. T. Yen. 1998. The inventory fireflies fauna in Tainan county (Coleoptera:Lampyridae). The Ecology and Conservation of the Fireflies Symposium. 74-84. (In Chinese)

- Ho, J. R., C. S. Chu, and C. C. Chu. 1998. A discover of aquatic larvae of *Luciola substriata*. Nature conservation quarterly eng. 22 : 47-51. (In Chinese)
- Hwang, M. T. 1995. A survey and research on the forest zones of Patungkuan lateral trail in Yu-Shan national park. The administration of Yu-Shan national park, Nantou. 106pp. (In Chinese)
- Jeng, M. L., and P. S. Yang. 1998. The Genus *Curtos* (Coleoptera, Lampyridae, Luciolinae) of Taiwan and Japan. Jpn J. syst. Ent. 4 (2) .331-347.
- Jeng, M. L., J. Lai, and P. Yang. 1999. A synopsis of the firefly fauna at six national parks in Taiwan (Coleoptera: Lampyridae) . Chinese J. Entomol. 19 (1) . 65-91. (In Chinese)
- Lai, J., M. Sato, and P. Yang. 1998. Checklist of Lampyridae of Taiwan-Coleoptera:Polyphaga: Lampyridae. Chinese J. Entomol. 18: 207-215. (In Chinese)
- Lin, E. M. 1992. The life history of firefly, *Pyrocoelia analis*. The seminar in department of plant protection, National Pingtung university of science and technology. 7pp. (In Chinese)
- Ohba, N. 1997. Twenty years with fireflies-an outline of research in Japan. Insectarium. 34 (5):4-18. (In Japanese)
- Wey, Y. S., and P. S. Yang. 1990. Evaluation of Lepidopteran population: mark-release-recapture models. Taipei Zoo Bulletin. (2). 119-131. (In Chinese)
- Yang, P. S. 1992. Studies on the insect fauna and related ecology of montane and subalpine areas in Taroko National Park. The administration of Taroko national park, Hualien. 59pp. (In Chinese)
- Yang, P. S. 1996. The ecological research of fireflies. The administration of Shei-Pa national park. 30pp. (In Chinese)
- Yang, P. S. 1997. Studies on the recovery of fireflies in national parks. Conservation and Planning Administration, Minister of Interior of Taiwan. 42pp. (In Chinese)
- Yang, P. S. 1998. The fireflies. The Society of wildlife and nature. 82pp. (In Chinese)
- Yeh, S. D. 1999. The habitat management and food preference of aquatic firefly, *Luciola ficta* (Coleoptera:Lampyridae). Dept. Entomology of National Taiwan University, Taipei. 50pp. (In Chinese)