



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Adult Season and Flash Behavior of *Luciola filiformis* Olivier (Coleoptera: Lampyridae) in Southern Taiwan 【Research report】

墾丁國家公園與西拉雅國家風景區紋胸黑翅螢 (鞘翅目：螢科) 成蟲發生期與雄蟲發光行為 【研究報告】

Ming-Luen Jeng¹, Tsan-Rong Chen², Jun-Hao Chiu^{3,4}, and Wenbe Hwang^{3*}

鄭明倫¹、陳燦榮²、邱俊豪^{3,4}、黃文伯^{3*}

*通訊作者E-mail: wenbehwang@mail.nutn.edu.tw

Received: 2013/11/28 Accepted: 2014/03/10 Available online: 2014/04/01

Abstract

Luciola filiformis Olivier is a common but understudied firefly species in Taiwan. This paper reports a quantitative research conducted in 2010-2011 on its adult season and flashing behavior based on two populations in southern Taiwan. The adult season of *L. filiformis* in Nanrenshan, Kenting National Park, differs considerably from those in Siraya National Scenic Area (NSA) and other areas in Taiwan. The males appear throughout most of the year, with two peaks, one in spring and one in fall, in the old-growth forests of Nanrenshan. In Siraya NSA however, they are limited from May to July with a single peak. About 10-30 minutes after sunset, the males start patrol flights lasting from 8 to 45 minutes. They regularly emit a single-pulse flash at a rate of about 3 flashes a second. The interflash interval averages 351.82 ± 94.34 msec, and the pulse duration is 102.64 ± 25.25 msec ($n = 101$, mean \pm SE) under 22.1°C.

摘要

本文章報告2010/3 ~ 2011/3在墾丁國家公園南仁山生態保護區與2011/3 ~ 2012/2在西拉雅國家風景區山區每月兩次的螢火蟲定期調查中，所記錄到紋胸黑翅螢的成蟲發生期，以及2009/5在西拉雅地區所作的發光行為研究結果。南仁山步道2.7 km處穿越線除2010/12 ~ 2011/1完全未見成蟲外，其餘月份的歷次採樣中均有發現，雄蟲高峰出現在2010/3 ~ 6月，最高峰於4月初，9 ~ 10月出現次高峰期；7 ~ 9月為波谷期，此一發生期與臺灣其他地區截然不同；雌蟲的採樣數較零星，但發現到的月份與雄蟲的高峰/次高峰期同步。西拉雅地區紋胸黑翅螢只發現於海拔約 1,000 m 的梅嶺與大凍山東側穿越線，兩地雄蟲皆出現於2011/5 ~ 7月，發生高峰集中在6月上旬，與臺灣中部地區之發生期類似但稍晚；梅嶺的發生期較大凍山略早也略久。南仁山區雄蟲在日沒後11 ~ 34分鐘內開始發光 (平均為 24.13 ± 5.35 min, $n = 23$)，發光飛行持續8 ~ 45分鐘，一小時定量的分段採樣中，前30分鐘個體數與後30分鐘有顯著差異。單夜觀察雄蟲之活動，在第5 ~ 10分鐘時發光隻次達到顛峰。氣溫22.1°C時雄蟲的發光時程為 351.82 ± 94.34 msec，脈衝持續時間為 102.64 ± 25.25 msec (mean \pm SE, $n = 101$)。文中討論南仁山核心保護區特殊的發生期相關因素，並比較雄蟲發光飛行行為和發光訊號與日本八重山姬螢者的異同。

Key words: *Luciola filiformis*, *Luciola yayeyamana*, adult season, flash behavior, southern Taiwan

關鍵詞: 紋胸黑翅螢、成蟲發生期、發光行為、八重山姬螢。

Full Text: [PDF \(1.14 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

墾丁國家公園與西拉雅國家風景區紋胸黑翅螢 (鞘翅目：螢科) 成蟲發生期與雄蟲發光行為

鄭明倫¹、陳燦榮²、邱俊豪^{3,4}、黃文伯^{3*}

¹ 國立自然科學博物館生物學組 40453 台中市北區館前路 1 號

² 臺灣紫斑蝶生態保育協會 40244 台中市美村路二段 50 號 12 樓之 1

³ 國立臺南大學生態科學與技術學系 70005 台南市中西區樹林街二段 33 號

⁴ 臺南市立永福國小 70048 台南市中西區永福路二段 86 號

摘 要

本文章報告 2010/3~2011/3 在墾丁國家公園南仁山生態保護區與 2011/3~2012/2 在西拉雅國家風景區山區每月兩次的螢火蟲定期調查中，所記錄到紋胸黑翅螢的成蟲發生期，以及 2009/5 在西拉雅地區所作的發光行為研究結果。南仁山步道 2.7 km 處穿越線除 2010/12~2011/1 完全未見成蟲外，其餘月份的歷次採樣中均有發現，雄蟲高峰出現在 2010/3~6 月，最高峰於 4 月初，9~10 月出現次高鋒期；7~9 月為波谷期，此一發生期與臺灣其他地區截然不同；雌蟲的採樣數較零星，但發現到的月份與雄蟲的高峰/次高鋒期同步。西拉雅地區紋胸黑翅螢只發現於海拔約 1,000 m 的梅嶺與大凍山東側穿越線，兩地雄蟲皆出現於 2011/5~7 月，發生高峰集中在 6 月上旬，與臺灣中部地區之發生期類似但稍晚；梅嶺的發生期較大凍山略早也略久。南仁山區雄蟲在日沒後 11~34 分鐘內開始發光（平均為 24.13 ± 5.35 min, $n = 23$ ），發光飛行持續 8~45 分鐘，一小時定量的分段採樣中，前 30 分鐘個體數與後 30 分鐘有顯著差異。單夜觀察雄蟲之活動，在第 5~10 分鐘時發光隻次達到顛峰。氣溫 22.1°C 時雄蟲的發光時程為 351.82 ± 94.34 msec，脈衝持續時間為 102.64 ± 25.25 msec (mean \pm SE, $n = 101$)。文中討論南仁山核心保護區特殊的發生期相關因素，並比較雄蟲發光飛行行為和發光訊號與日本八重山姬螢者的異同。

關鍵詞：紋胸黑翅螢、成蟲發生期、發光行為、八重山姬螢。

*論文聯繫人

Corresponding email: wenbehwang@mail.nutn.edu.tw

紋胸黑翅螢成蟲發生期與發光 33

前 言

臺灣已知有 13 屬 50 餘種螢科 (Lampyridae) 昆蟲，其中成蟲於夜間活動、主要依賴發光訊號求偶的種類約佔 56%，以多數種類能閃爍發光的熠螢亞科 (Luciolinae) 和成蟲發出持續光的螢亞科 (Lampyrinae) 為主。巨觀上，兩者在成蟲發生期上亦有不同，前者是春夏兩季夜行性螢火蟲群聚 (community) 的優勢類群，而後者則構成秋冬季群聚主體 (Jeng *et al.*, 1999)，類似的群聚發生期分化現象亦存在同是島國的日本 (Ohba, 2004a)。但微觀上，每種螢火蟲的發生期在不同地區隨著緯度和海拔高度而呈現相當程度差異，甚至同一地區的鄰近地點也可能明顯不同 (Ohba, 2004a)。地理族群的分化往往也伴隨著發光訊號的差異化，如源氏螢 (*Luciola cruciata* Motschulsky) 的東、西日本族群、姬螢 (*Luciola (Hotaria) parvula* (Kiesenwetter)) 的大、小生態型 (ecotype)、平家螢 (*Aquatica lateralis* (Motschulsky)) 北海道族群與其他地區族群等 (Ohba, 1983, 2000, 2001, 2004a; Ohba *et al.*, 2001; Iguchi, 2010)。由於各地族群的發生期資料通常需要定點定期調查蒐集或透過大規模通報系統才能獲得，發光訊號的分析也需要軟硬體設備的配合，在臺灣目前僅有具有高度觀賞性的黑翅晦螢 (= 黑翅螢, *Abcondita cerata* (Olivier)) 有較清楚的發生期資訊，和經過量化分析的發光訊號與地理差異等資訊 (Ohba and Yang, 2002; Wu and Yang, 2008; Wu, 2010; Wu *et al.*, 2012)。

紋胸黑翅螢 (*Luciola filiformis* Olivier，也稱為紋螢，圖一) 是 Olivier (1913) 根據 H. Sauter 在現今高雄甲仙 (Kosempo) 與屏東港口 (Kankau) 採得的標本所命名的熠



圖一 紋胸黑翅螢雄蟲 (上) 與雌蟲。
Fig. 1. Male (top) and female adults of *Luciola filiformis* Olivier.

螢。兩性成蟲都能發出閃爍光訊號，但是與臺灣其他多數熠螢類不同的是其雌蟲為短鞘性 (brachelytry)，無法飛行 (Ho, 1997)。紋胸黑翅螢普遍分布在臺灣各地低海拔地區，成蟲主要出現在春、夏兩季 (Ho, 1997, 2001, 2004b, 2006; Jeng *et al.*, 1999; Chang, 2000; Chang *et al.*, 2000; Ho and Chiang, 2001, 2002; Ho and Chang, 2006; Ho *et al.*, 1998, 2004, 2007; Chao, 2005; Chen *et al.*, 2003; Chen, 2007; Jeng and Chen, 2011, 2012; Jheng, 2012; Wang, 2012; Wu *et al.*, 2012)。中海拔山區另有一群稱為高山紋螢的類群在夏季出現 (Chen, 2003; Ho, 2006)，但是與紋胸黑翅螢的分化程度不明。另一方面，分布在鄰近臺灣的日本石垣島與西表島上的

八重山姬螢 (*Luciola yayeyamana* Matsumura) 究竟與紋胸黑翅螢是不同種、不同亞種或僅是稍有分化的地理族群關係，目前亦無定論 (Matsumura, 1918; Miwa, 1931; Okada, 1931; Nakane, 1968; Chûjô and Satô, 1970; Chûjô, 1971; Satô, 1978; Ohba, 1983, 1993, 2002, 2004a; Ohba and Goto, 1989; Suzuki, 1997; Takashi, 1997; Kawashima *et al.*, 2003)，但可確定兩者譜系關係密切 (Jeng, in prep.)，因此本篇論文也將八重山姬螢列為參考比較的對象。

雖然紋胸黑翅螢在臺灣普遍而常見，但除了前述有關形態、分布、發生期和簡要的行為描述外，僅 Ho (2002) 報告幼蟲外部形態，其他生物學的研究仍相當缺乏。相形之下，八重山姬螢分布在日本偏遠的離島，但針對八重山姬螢或將其納入研究的報告卻不少，例如形態與習性的關聯 (Ohba, 1978; Ohba and Satô, 1988)、發光訊號和求偶行為 (Ohba, 1979, 1983; Ohba *et al.*, 1995)、基本生態與生活史 (Ohba and Goto, 1988, 1989)、譜系關係與求偶 (Suzuki *et al.*, 1996; Suzuki, 1997; Sagegami-Oba *et al.*, 2007)、製造求偶禮物 (nuptial gifts) 之演化 (Hayashi and Suzuki, 2003; South *et al.*, 2011; Lewis and South 2012)、文化曝光度 (Takada, 2011) 等等。

本文首度報導紋胸黑翅螢在南臺灣的成蟲發生期和雄蟲發光訊號的量化研究。發生期方面，乃根據 Jeng and Chen (2011, 2012) 於 2010~2011 年在墾丁國家公園與 2011 年西拉雅國家風景區螢火蟲定期調查所記錄到的紋胸黑翅螢資料匯集而成；雄蟲發光則根據 Chiu (2010) 在臺南梅嶺所作的發光行為研究，發表其部份結果。

材料與方法

一、發生期調查

(一) 調查地點、期間與頻度

2009/3~2011/4 在墾丁國家公園、2011/2~2012/2 在西拉雅國家風景區 (以下簡稱西拉雅地區) 諸多樣點以多種採集方式普查螢火蟲資源，包含數條夜間定量調查穿越線。其中與紋胸黑翅螢較有關的穿越線有：(1) 屏東滿州鄉南仁山生態保護區步道 2.7 km 處，(2) 嘉義縣大埔鄉大凍山東側，與 (3) 臺南市楠西區梅嶺南段稜線。各穿越線地點如圖二所示，GPS 座標、海拔、調查期間等見表一。每月調查 2 次，每次 3~5 日，每次皆涵蓋同地區之各條穿越線。為降低月光的影響，避免在日沒時為月昇的日期調查。



圖二 本研究相關之調查穿越線地點。

Fig. 2. Locations of the transects used in this study.

表一 本研究相關之三條穿越線的地理資訊

Table 1. Geographical features of the transects used in this study

Transects	Administration	Coordinates	Elevation	Length/Width	Directions	Surface	Survey duration
Nanrenshan old-growth forest	Pingtung County, Manzho Township	22°05'18"N 120°51'03"E 22°05'13"N 120°51'08"E	245-273 m	200 m/2.5-3.5 m	NE-SW	dirt/stony	2010/3/1-2011/3/20
Dadongshan	Chiayi County, Dapu Township	23°19'09"N 120°32'00"E 23°19'05"N 120°32'00"E	1,080-1,115 m	200 m/4 m	N-S	paved	2011/2/10-2012/2/18
Meiling	Tainan City, Nanxi District	23°10'53"N 120°34'05"E 23°10'38"N 120°33'59"E	992-1,040 m	200 m/3-4 m	NNE-SSW	dirt	2011/2/12-2012/2/19

(二) 調查方法

調查人員在天黑前抵達穿越線起點，天色昏暗時開始巡視步道。定量採樣乃由單位努力採獲量 (catch per unit of effort) 變化而成的每小時努力採獲量 (catch per hour of effort)，每次由作者 (鄭與陳) 在固定距離內的穿越線內來回走動，在一小時內盡量採集能採獲的個體。由於臺灣的夜行性螢火蟲成蟲通常在日落開始活動後的一小時內會達到巔峰 (Wu, 2010)，因此每晚只調查一條路線，取樣一個小時。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，則在步徑中央處當胸高 (離地約 1.4 m) 光照度降至 0.01 lux 時開始起算；第二段則在整理完第一段樣本後接續進行。採集時以網捕 (可收縮蟲竿最長分別為 2.5 與 3.5 m，網框直徑 46 cm) 為主，也撿拾地面或葉面上可見個體。第一段時間採得的個體先置於備用網內，待第二段採樣結束後再分開計數，以免重複取樣。採得的個體保留部分做為各段時間與地點的存證標

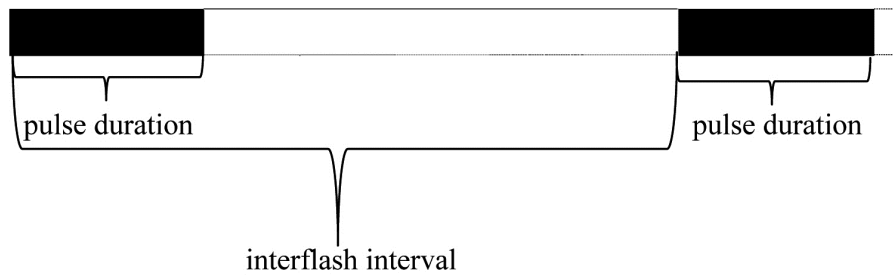
本，其餘在計數後釋放，避免影響下一次的調查。調查結束後記錄氣溫與相對濕度。在南仁山的調查中，紋胸黑翅螢為夜間最早開始活動的種類，故記錄目擊第一隻螢火蟲開始發光的時間與當時的胸高照度。之後下載 2010 與 2011 年中央氣象局恆春地區日沒時刻表，以得知螢火蟲在日沒多久之後開始發光。在西拉雅地區由於紋胸黑翅螢並非日沒後最早出現的物種，因此未記錄紋胸黑翅螢成蟲開始活動的時間與照度。

每次調查的前、後段 30 分鐘採樣數量以 paired *t*-test 檢驗是否有差異。有無成蟲出現的調查間的氣象因子以 *t*-test 檢驗差異。

二、發光訊號紀錄與分析

(一) 發光訊號取得

2009/5 中旬在臺南市楠西區梅嶺稜線步道以 Sony HDR-SR12 數位攝影機 (DV) 攝錄紋胸黑翅螢發光影像。拍攝分為手持移動與腳架定點兩種方式，前者隨機挑選在林緣飛行的個體拍攝其發光，錄影距離約 2 m，個體連續兩次發光為 1 筆資料，作為個體發光模式資



圖三 本研究定義之發光訊號參數：脈衝持續時間 (pulse duration) 與發光時程 (interflash interval) (參考 Lewis and Christopher, 2008)。

Fig. 3. Graphic definition of flash parameters used in this study.

料；後者選擇無樹木枝幹遮擋林緣、雄蟲飛行發光聚集處做為樣點，以高度 1 m 的三腳架固定 DV，錄影機與樣點底邊距離 2 m，樣點底邊長為 2 m，底邊向上距離地面高度 2 m。日落前後目視周圍 10 m 半徑範圍，當第 1 隻紋胸黑翅螢雄蟲開始飛行發光時啟動 DV，至樣點內無雄蟲飛行發光為止，錄影時間 40~60 min。

(二) 發光訊號分析

1. 雄蟲飛行發光活動之個體數變化

取較少霧氣與強風干擾的 2009 年 5 月 19 日定點錄影為分析樣本，每隔 20 sec 取樣 1 sec，計算 1 sec 內出現的雄蟲發光隻次，每 5 分鐘為間隔計算平均數和標準誤，呈現當晚雄蟲飛行發光個體隨時間推移的數量變化。

2. 雄蟲發光訊號參數

以影像編輯軟體 PD8 在 LCD (CMV936A) 上進行影格分析 (frame-by-frame analysis)，每秒劃分為 30 影格 (fps)。藉由計算出現發光的影格與完成一個閃光節奏的影格數目，乘上 1 影格的時間長度 (33 msec)，分別換算出脈衝持續時間 (pulse duration) 與發光時程 (interflash interval，即完成一個發光節奏的時間)，兩項發光參數的定義如圖三 (參考 Lewis and Christopher,

2008)。

結 果

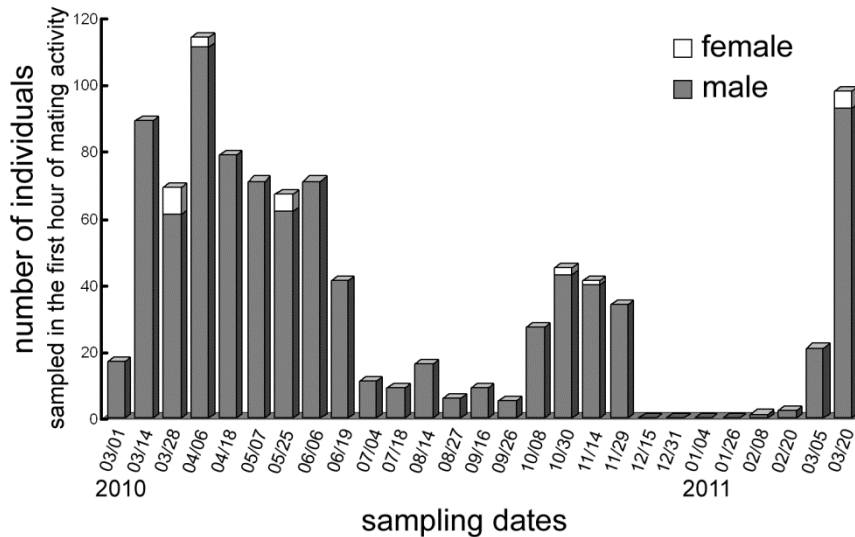
一、紋胸黑翅螢成蟲發生期

(一) 墾丁國家公園南仁山步道 2.7 km 處穿越線

2010/3~2011/3 的 27 次穿越線調查中，除 2010/12~2011/1 的 4 次調查外，其餘皆有成蟲出現，歷次採樣之數量波動見圖四。雄蟲自 2010/3/1 首度調查即有發現，隔年 2011/2/8 起也開始出現，有可能自每年 2 月起陸續羽化。雄成蟲在 2010/3/14~6/6 約 3 個月間出現第一波高鋒，每次調查都維持一小時 60 隻以上的採獲量，4/6 達到最高峰的 111 隻；10/8~11/29 出現次高鋒，維持一小時 20 隻以上採獲量；7~9 月及 12~隔年 1 月則分別是次低與最低的時間。雌成蟲僅出現在 2010/3, 4, 5, 10, 11 月份與 2011/3 的 6 次採樣中，最多的是 2010/3/28 發現 8 隻，2010/5/25 和 2011/3/20 也各有 5 隻。但由於個體數少且零星分散，未能顯現出明顯的發生期，但是有發現到的月份與雄蟲的高峰期/次高峰期相符。

(二) 西拉雅國家風景區大埔與梅嶺穿越線

2010/3~2011/2 共 24 次調查中，兩條穿



圖四 南仁山步道 2.7 km 穿越線於 2010/3~2011/3 間以一小時採獲量調查所得之紋胸黑翅螢成蟲數量變動。
Fig. 4. Fluctuation of adults of *Luciola filiformis* in the Nanrenshan old-growth forest during 2010/3-2011/3.

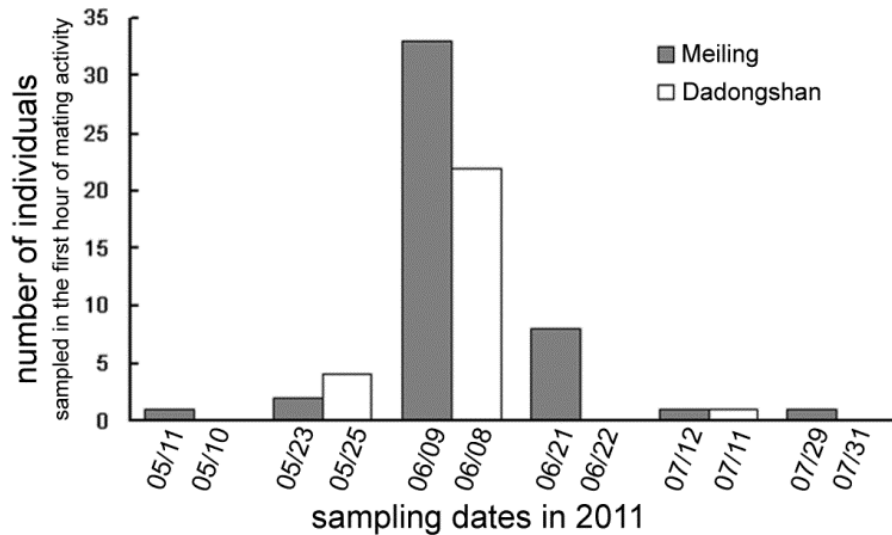
越線僅在 5~7 月間出現紋胸黑翅螢成蟲，梅嶺的發生期較早且較長，成蟲出現在 6 次採樣中，大凍山則僅出現 3 次。兩條穿越線的發生期都只有一個集中的波峰，在 6/8~9 日達到最高峰，各有 22 與 33 隻（圖五）。歷次調查皆未發現雌蟲。

二、紋胸黑翅螢雄蟲夜間發光飛行活動

三條穿越線紋胸黑翅螢成蟲出現期的相關氣象因子紀錄見表二。對照該紀錄與中央氣象局日出日沒時刻表（恆春），南仁山步道 2.7 km 處當地紋胸黑翅螢雄蟲在日沒後約半小時內開始活動（平均 24.13 ± 5.35 min, $n = 19$ ），開始發光時之林下胸前照度最高為 0.13 lux；有成蟲出沒的 23 次採樣的氣溫介於 17.4~27.1°C（平均 22.44 ± 2.90 °C），相對濕度 71.3~99%（平均 89.74 ± 9.91 %），明顯高於沒有成蟲出沒的 4 次採樣溫度（17.0~20.3°C, 17.68 ± 2.51 °C, t -test: $p < 0.01$ ），

但與相對濕度（67.9~91.3%， 78.85 ± 10.52 %）無明顯差異（ t -test: $p = 0.12$ ）。至於大凍山和梅嶺穿越線，兩地有紋胸黑翅螢出沒的採樣的平均氣溫與相對濕度無顯著差異（ t -test: 氣溫 $p = 0.10$ ；相對濕度 $p = 0.13$ ）。三條穿越線的雄蟲飛行發光都集中於開始活動後的前 30 分鐘，採獲量明顯高於後 30 分鐘（paired t -test: $p < 0.001$, $n = 32$ ）。雄蟲飛行高度離地面不超過 4.5 m（短竿捕蟲網可及高度），多數在 2 m 以下，沿林緣低飛，鮮少在空曠區域活動。

至於 2009/5/19 梅嶺地區的單夜觀察，臺南日沒時間為 18:35，第 1 隻飛行發光雄蟲出現於 18:46，自棲息之林內發光，隨即在樹林下層與林緣處開始飛行；稍後林內部分發光雄蟲陸續往林緣處飛行聚集，於 19:01 分進入錄影樣點。19:00~19:40 為雄蟲主要的飛行發光活動期；發光次數最大值於 19:05~19:10，每秒有 35.47 ± 14.87 隻次（圖六， $n = 15$ ）。



圖五 西拉雅地區兩條穿越線於 2011/5~7 間以一小時採獲量調查所得之紋胸黑翅螢成蟲數量變動。
Fig. 5. Fluctuation of flying males of *Luciola filiformis* in the Siraya NSA during 2011/5-7.

表二 紋胸黑翅螢成蟲出現期間三條穿越線調查之相關氣象因子
Table 2. Related meteorological factors of the transect survey of *Luciola filiformis*

Locality	Adult season	Ambient temperature (mean \pm SD)	Relative humidity (mean \pm SD)	Time when the fireflies start flashing	Time after sunset (mean \pm SD)	Ambient illuminance
Nanrenshan 2.7km	Mar. 1 – Nov. 29, 2010 Feb. 8-, 2011 (48 weeks)	17.4-27.1°C (22.44 \pm 2.90°C)	71.3-99% (89.74 \pm 9.91%)	18:45-19:15	11-34 min (24.13 \pm 5.35 min)	0-1.3 lux
Dadongshan	May 25 – Jul. 11, 2011 (7 weeks)	20.9-21.9°C (21.4 \pm 0.41°C)	81.3-93.5% (89.18 \pm 4.88%)	NA*	NA	NA
Meiling	May 11 – Jul. 29, 2011 (12 weeks)	20.7-25.3°C (22.7 \pm 1.42°C)	78.6-88.9% (83.23 \pm 3.64%)	NA	NA	NA

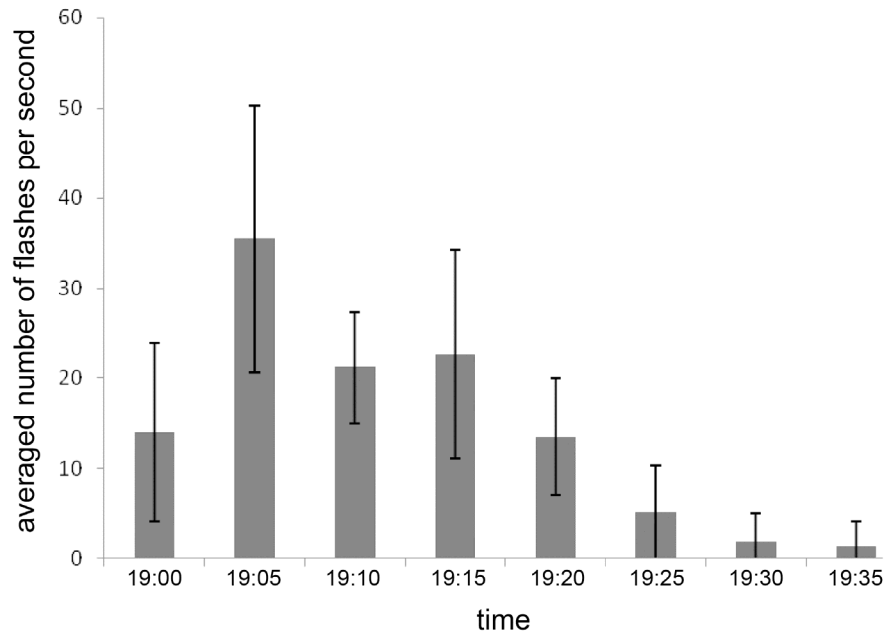
NA: not available

19:40 後未再錄到發光飛行個體。

三、紋胸黑翅螢雄蟲發光訊號特徵

紋胸黑翅螢雄蟲發光為橙色之規律單脈衝 (single pulse) 型式。於 2009/5/19 日

19:00~19:40 沿 20 m 穿越線隨機取樣，22.1°C 氣溫下所得之飛行雄蟲平均發光時程為 351.82 \pm 94.34 msec (每秒約 3 次)，脈衝持續時間為 102.64 \pm 25.25 msec (mean \pm SE, n = 101)。



圖六 2010/5/19 臺南梅嶺所記錄的單夜紋胸黑翅螢雄蟲隨時間之閃光數量變化，每 20 秒取樣 1 秒以影格分析法計算發光隻次，每五分鐘為一時段平均。

Fig. 6. Dynamic flashing pattern of flying *Luciola filiformis* males recorded in Meiling, Tainan City during the evening of May 19, 2010. The number of flashes was counted by the frame-by-frame method with a recording duration of 1 second and an interval of 20 seconds. Each set of data was the average of a 5-minute recording.

討 論

一、紋胸黑翅螢成蟲發生期與微觀分布

螢火蟲的成蟲發生期和微觀分布受到壽命、溫度、棲地類型、降水量、食餌密度、土壤含水量、地理族群（遺傳特性）等因素影響或與其相關 (Hori *et al.*, 1978; Ho, 2004; Yuma, 2007; Wu and Peng, 2007; Faust and Weston, 2009; Iguchi, 2010; Jusoh *et al.*, 2010)。多數國內文獻皆記載紋胸黑翅螢成蟲出現於每年 3~7 或 4~7 月，北部較早，中部較晚 (Jeng *et al.*, 1999; Ho, 2001, 2004, 2006; Chang, 2000; Ho and Chiang, 2001, 2002; Ho and Chang, 2006; Ho *et al.*, 1998, 2004, 2007; Chao, 2005; Chen *et al.*, 2003;

Chen, 2007; Jheng, 2012; Wu *et al.*, 2012)，而日本的八重山姬螢也類似，成蟲出現在 3~5 月，西表島較早，石垣島較晚 (Ohba, 1993, 2004a; Takashi, 1997)。本研究中南臺灣兩個地區的調查則顯示截然不同的結果，西拉雅地區大致符合紋胸黑翅螢概化的發生期，類似中臺灣的發生期但稍晚，但是南仁山步道 2.7 km 處則是近乎全年發生，未見於臺灣其他地區。南仁山當地特殊的螢火蟲成蟲發生期不僅止於紋胸黑翅螢，其他如大晦螢 (= 大端黑螢, *Abscondita anceyi* (Olivier))、中華晦螢 (= 端黑螢, *Abscondita chinensis* (L.))、黃肩脈翅螢 (*Curtos mundulus* (Olivier)) 也都有別於臺灣其他地區概化的發生期：大晦螢只在晚冬到早春 (1~3 月) 出

現，中華晦螢和黃肩脈翅螢則近乎全年出現 (Jeng and Chen, 2011)。固然恆春半島氣候較溫暖可以解釋部份發生期延長的現象，但顯然不適用於全部的物種與全面的狀況。

微觀上，墾丁國家公園內的螢火蟲發生期即有許多地點上的差異。位於巴沙加魯溪右岸的南仁山步道 2.7 km 處穿越線在地形上為背風面溪谷，冬季相對濕潤且較不受強烈東北季風的影響，具有獨特的亞熱帶季風雨林植物相 (Su and Su, 1988)。當地是南仁山生態保護區較核心區域的週邊，由於坡陡谷深，林相破壞較少。相對地，鄰近地點的兩條穿越線 (步道 1 km 處與巴沙加魯溪左岸的萬里得山穿越線，與 2.7 km 穿越線直線距離不到 1.5 km) 雖然也屬溪谷地形，但螢火蟲相組成和發生期皆有相當差異，特別是步道 1 km 穿越線與其他兩條穿越線的差異頗大，其原生植被多半已被破壞而被較耐旱的相思樹林取代。萬里得與南仁山步道 1 km 兩條穿越線的紋胸黑翅螢成蟲發生都極為零星 (前者見於 2009/6, 8, 10, 11 與 2010/3, 6 等月份，每次 1~3 隻；後者僅在 2010/3/27 採得 1 隻)。雖然目前尚無法得知影響紋胸黑翅螢發生期的主要因子，但是可以確認林相保持良好的 2.7 km 附近森林有龐大的紋胸黑翅螢族群，因而表現當地應有的成蟲發生期，其他兩條林相較差的穿越線則僅有極小族群，未呈現明顯發生期。由於紋胸黑翅螢的族群擴散和分布受到雌蟲無法飛行的限制，因此一但棲地遭受破壞，紋胸黑翅螢族群恢復的能力有限，即便植被再復元也未必能恢復原來的族群狀態，步道 1 km 處穿越線可能就是這樣的例子。

西拉雅地區的 16 個調查地點中，僅在海拔 1,000 m 左右的大凍山和梅嶺山頭發現紋胸黑翅螢 (Jeng and Chen, 2012)，Jheng (2012) 則於 2011/6 在關子嶺九龍山調查到少

量雄蟲。西拉雅地區的海拔最高處為大凍山的 1,241 m，多數地貌在 1,000 m 以下，符合紋胸黑翅螢的海拔分布範圍，但是該種卻僅生存在較無開發的大凍山、梅嶺山頂，有可能也是因為丘陵地全面墾植、棲地曾受到破壞之故。

西拉雅地區紋胸黑翅螢成蟲發生期為單峰型，南仁山區則有兩個較明顯的峰區和谷區，而後者的變動曲線頗類似臺灣的黃緣螢 (*Aquatica ficta* (Olivier)) 族群。Ho (2004a) 與 Ho *et al.*, (2010) 曾顯示臺灣窗螢 (*Pyrocoelia analis* (F.)) 與黃緣螢生活史的可塑性 (life-history plasticity) 會使成蟲發生期呈現一年內長時間出現且有兩個波峰的型式，而非一年兩代。未來可以室內模擬溫度飼養完成生活史來驗證這是否也適用於南仁山區的紋胸黑翅螢。

二、紋胸黑翅螢雄蟲的飛行發光行為與發光訊號

南仁山步道 2.7 km 穿越線的紋胸黑翅螢在日沒後 11~34 分鐘內開始活動，此時天色尚未全黑。觀察中也發現紋胸黑翅螢雄蟲在森林中渡邊幽蟬 (*Semia watanabei* (Matsumura)) 結束鳴叫後約 5 分鐘才會開始發光飛行。此現象與八重山姬螢極為類似，後者會在黑岩蟬 (*Muda kuroiwae* (Matsumura)) 停止鳴叫約 3 分鐘後開始發光 (Ohba and Goto, 1989; Ohba, 2004a)。紋胸黑翅螢/八重山姬螢與這些蟬開始和停止活動的行動光譜 (action spectrum, Lall *et al.*, 1980; Lall and Worthy, 2000) 值得進一步研究。

紋胸黑翅螢的雄蟲發光飛行持續時間極短，僅 8~45 分鐘，尤其集中在開始活動後的前 30 分鐘內，且與季節無關。西拉雅地區的族群以及八重山姬螢也有類似的飛行發光時間特性 (Ohba and Goto, 1989; Ohba,

2004a), 至少可將八重山姬螢和某些地域的紋胸黑翅螢族群歸類為薄暮型的螢火蟲。紋胸黑翅螢的發光訊號與八重山姬螢類似 (Ohba, 2004a), 應是屬於 Ohba (1983, 2004b) 所歸類的 HP 型。但是此一發光節奏會隨著鄰近群飛的雄蟲數量而產生差異, 1~2 隻與 3 隻以上雄蟲群飛的發光頻率顯著不同。我們將再另外的論文中報告並探討此一現象。

致 謝

感謝墾丁國家公園管理處保育課與南仁山工作站, 以及西拉雅國家風景管理處於螢火蟲資源調查期間之各項行政協助; 張志遠、林俊儀、李榮宗、鄭有成、賴郁雯、王億傑、陳瑩協助調查; 朱建昇、朱建昌分享野外觀察經驗; 臺南關子嶺岩頂自然休閒坊、嘉義大埔歐都納山野渡假村提供後勤支援。本研究承「墾丁國家公園螢火蟲資源調查與應用案」(2009~2011) 及「西拉雅國家風景區螢火蟲資源調查與應用案」(2011~2012) 計畫經費支持。

引用文獻

- Chang NT, Chen ZC, Hsu WC.** 2000. List of Lampyridae in the Nanjenshan ecological research site of Kenting National Park – Comments on comparisons of similarity. *Chin J Entomol* 20: 57-61. (in Chinese)
- Chang YJ.** 2000. Beetles of the Jade Mountain. Shuili Township: Yushan NP Administration. 423 pp. (in Chinese)
- Chao RF.** 2005. A preliminary survey of firefly ecology in Lichia, Taitung. Taipei City: Forestry Bureau. 40 pp. (in Chinese)
- Chen ZC.** 2007. Companion of fireflies in Kaohsiung and Pingtung. Pingtung City: Pingtung Forest District Office, Forestry Bureau. 150 pp. (in Chinese)
- Chen ZC, Huang CM, Lin YM.** 2003. Fireflies of Taoyuan. Taoyuan City: Taoyuan County Government. 86 pp. (in Chinese)
- Chen TR.** 1999. An ecological guide to the Taiwanese fireflies. Taipei City: Field Image Press. 191 pp. (in Chinese)
- Chen TR.** 2003. Fireflies of Taiwan. Taipei City: Field Image Press. (in Chinese)
- Chen TR, Jeng ML.** 2012. The fireflies in Siraya National Scenic Area. Tainan City: Siraya National Scenic Area Administration. 207 pp. (in Chinese)
- Chiu CH.** 2010. The synchronous flashing behavior in *Luciola filiformis* Olivier and *Luciola cerata* Olivier (Coleoptera: Lampyridae) [master's thesis]. Tainan City: National Tainan University. 63 pp. (in Chinese)
- Chûjô M.** 1971. Coleoptera of the Loo-Choo Archipelago (III). *Memoirs of the Faculty of Education Kagawa University Part II*, 202: 1-55.
- Chûjô M, Satô M.** 1970. Coleoptera of the Loo-Choo Archipelago (II). 16. Family Lampyridae. *Memoirs of the Faculty of Education Kagawa University Part II*, 192: 21-22.
- Faust LF, Weston PA.** 2009. Degree-day prediction of adult emergence of *Photinus carolinus* (Coleoptera:

- Lampyridae). *Environ Entomol* 38: 1505-1512.
- Ho JZ.** 1997. The lantern in the dark-firefly. Jiji Township: Taiwan Endemic Species Research Institute. 131 pp. (in Chinese)
- Ho JZ.** 2001. Guide to firefly watching in Hsinchu County. Jiji Township: Taiwan Endemic Species Research Institute. 199 pp. (in Chinese)
- Ho JZ.** 2002. Larval morphology of twenty one species and bionomics of fireflies (Coleoptera: Lampyridae) in Taiwan [doctoral dissertation]. Taichung City: National Chung Hsing University. 163 pp. (in Chinese)
- Ho JZ.** 2004a. Occurred fluctuation, distribution and habitat characters of the firefly, *Pyrocoelia analis*. *Formosan Entomol* 24: 117-128. (in Chinese)
- Ho JZ.** 2004b. A guide to the insects in Hwashan area, Yunlin County. Gukeng Township: Gukeng Township Office. 118 pp. (in Chinese)
- Ho JZ.** 2006. A survey on firefly resources in Chiayi mountains and making an ecological guide on the basis of it. Forestry Bureau Conservation Series 94-21. Taipei City: Forestry Bureau. 100 pp. (in Chinese)
- Ho JZ, Chiang PH.** 2001. Guide to firefly watching in Taichung County. Fengyuan City: Taichung County Government. 107 pp. (in Chinese)
- Ho JZ, Chiang PH.** 2002. Ecological guide to fireflies in 921-earthquake-reconstruction area. Jiji Township: Taiwan Endemic Species Research Institute. 168 pp. (in Chinese)
- Ho JZ, Chu JS.** 2002. Map for firefly watching in Taiwan. Taichung City: Morning Star Publ Inc. 325 pp. (in Chinese)
- Ho JZ, Chang HL.** 2006. Guide to firefly watching in Chiayi County. Jiji Township: Taiwan Endemic Species Research Institute. 159 pp. (in Chinese)
- Ho JZ, Lin CJ, Yen ZD.** 1998. The fireflies survey in Tainan County. *Journal of the Experimental Forest of National Taiwan University* 12(2): 121-127. (in Chinese)
- Ho JZ, Chiang PH, Chang HL.** 2004. Fireflies in Aowanda Forest Recreation Area. Taipei City: Forestry Bureau. 144 pp. (in Chinese)
- Ho JZ, Chang LH, Chiang PH.** 2007. Beetles in Baxianshan Forest Recreation Area. Taipei City: Forestry Bureau. 159 pp. (in Chinese)
- Ho JZ, Su TH, Hwang HW.** 2003. Rearing methods and life cycle of *Pyrocoelia analis* (Coleoptera: Lampyridae). *Bio Formosa* 38: 79-87. (in Chinese)
- Ho JZ, Chiang PH, Wu CH, Yang PS.** 2010. Life cycle of the aquatic firefly *Luciola ficta* (Coleoptera: Lampyridae). *J Asia-Pacif Entomol* 13: 189-196.
- Hori M, Yuma M, Ueda T, Endo A, Ban B, Murakami M.** 1978. Natural population of adults of *Luciola cruciata*. *Insectarium* 15(6): 4-11. (in Japanese)

- Iguchi Y.** 2010. Temperature-dependent geographic variation in the flashes of the firefly *Luciola cruciata* (Coleoptera: Lampyridae). *J Nat Hist* 44: 861-867.
- Jeng ML, Chen TR.** 2011. Survey on the firefly resource of Kenting National Park and its application – an extended survey in 2011. Hengchun Township: Kenting NP Administration. 76 pp. (in Chinese)
- Jeng ML, Chen TR.** 2012. A survey of the firefly resources and its application in Siraya National Scenic Area. Tainan City: Siraya National Scenic Area. 308 pp. (in Chinese)
- Jeng ML, Lai J, Yang PS.** 1999. A synopsis of the firefly fauna at six national parks in Taiwan (Coleoptera: Lampyridae). *Chin J Entomol* 19: 65-91. (in Chinese)
- Jheng YC.** 2012. The diversity of fireflies and preliminary study of the mating behavior of *Luciola anceyi* Olivier in Guanziling, Tainan [master's thesis]. Kaohsiung City: National Sun Yat-Sen University. 72 pp.
- Jusoh WFAW, Hashim NR, Ibrahim ZZ.** 2010. Distribution and abundance of *Pteroptyx* fireflies in Rembau-Linggi Estuary, Peninsular Malaysia. *Environment Asia* 3: 56-60.
- Kawashima I, Suzuki H, Satô M.** 2003. A check-list of Japanese fireflies (Coleoptera, Lampyridae and Rhagophthalmidae). *Jpn J Syst Entomol* 9: 241-261.
- Koji S, Nakamura A, Nakamura K.** 2012. Demography of the Heike firefly *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae), a representative species of Japan's traditional agricultural landscape. *J Insect Conserv* 16: 819-827.
- Lai J, Satô M, Yang PS.** 1998. Checklist of Lampyridae of Taiwan – Coleoptera: Polyphaga: Lampyridae. *Chin J Entomol* 18: 207-215.
- Lall AB, Worthy KM.** 2000. Action spectrum of the female response in firefly *Photinus pyralis* (Coleoptera: Lampyridae). *J Insect Physiol* 46: 965-968.
- Lall AB, Seliger HH, Biggley WH, Lloyd JE.** 1980. Ecology of colors of firefly bioluminescence. *Science* 210: 560-562.
- Lewis SM, Wang OT.** 1991. Reproductive ecology of two species of *Photinus* fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Psyche* 98: 293-307.
- Lewis SM, Christopher KC.** 2008. Flash signal evolution, mate choice and predation in fireflies. *Annu Rev Entomol* 53: 293-321.
- Lewis SM, South A.** 2012. The evolution of animal nuptial gifts. *Advances in the Study of Behavior* 44: 53-95.
- Li LC.** 2007. Guide to firefly watching in Taipei County. Banqiao City: Taipei County Government. 63 pp. (in Chinese)
- Matsumura S.** 1918. The fireflies of Japan. *Education Illustration Post* 6(3): 82-89.

- (in Japanese)
- Miwa, Y.** 1931. Lampyridae. pp 99-102. In: Miwa Y (ed.) A Systematic Catalogue of Formosan Coleoptera. Report No. 55, Dept. Agriculture, Government Research Institute, Formosa, Taihoku. [= Taipei]
- Nakane T.** 1968. Classification of Japanese fireflies. *The Nature & Insects* 3(6): 3-6. (in Japanese)
- Ohba N.** 1978. Morphology and behavior of the Lampyridae (Coleoptera, Insecta). *Sci Rept Yokosuka City Mus* 25: 15-28 + 2 pls. (in Japanese)
- Ohba N.** 1979. Flash patterns and behavior of some Japanese fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Sci Rept Yokosuka City Mus* 26: 21-30 + 2 pls. (in Japanese)
- Ohba N.** 1983. Studies on the communication system of Japanese fireflies. *Sci Rept Yokosuka City Mus* 30: 1-62 +6 pls.
- Ohba N.** 1993. Rearing and observation of fireflies. Tokyo: Heart Publisher. 167 pp. (in Japanese)
- Ohba N.** 2000. Flash patterns and communication of the two ecotypes in *Hotaria parvula*. *Sci Rept Yokosuka City Mus* 47: 1-22. (in Japanese)
- Ohba N.** 2001. Geographical variation, morphology and flash pattern of the firefly, *Luciola cruciata* (Coleoptera: Lampyridae). *Sci Rept Yokosuka City Mus* 48: 45-89. (in Japanese)
- Ohba N.** 2002. Illustrated guide of Japanese fireflies. *The Nature & Insects* 37(3): 23-28. (in Japanese)
- Ohba N.** 2004a. Mystery of fireflies. Yokosuka: Yokosuka City Museum. 199 pp. (in Japanese)
- Ohba N.** 2004b. Flash communication of Japanese fireflies. *Integr Comp Biol* 44: 225-233.
- Ohba N, Goto Y.** 1989. Morphology and behavior of *Luciola yayeyamana* (Coleoptera: Lampyridae). *Annu Rept Yokosuka City Mus* 37: 1-8. (in Japanese)
- Ohba N, Satô M.** 1988. The shape of facet in the fireflies. *Sci Rept Yokosuka City Mus* 36: 1-10. (in Japanese)
- Ohba N, Yang PS.** 2002. Flash patterns and communication system of Taiwanese firefly, *Luciola cerata* Oliver. *Sci Rept Yokosuka City Mus* 50: 1-12. (in Japanese)
- Ohba N, Kim SE, Kim JG.** 2001. Flash patterns and morphology of the firefly, *Luciola lateralis* in Japan and Korea. *Sci Rept Yokosuka City Mus* 48: 91-116. (in Japanese)
- Ohba N, Suzuki H, Yamasaki T.** 1995. Luminescent pattern of Japanese fireflies based on computer analysis. *Sci Rept Yokosuka City Mus* 43: 17-24. (in Japanese)
- Okada Y.** 1931. Notes on the scientific names of the Japanese fireflies. *Zool Mag* 43: 130-149. (in Japanese)
- Olivier E.** 1913. H. Sauter's Formosa-Ausbeute, Lampyridae (Col.). *Entomol Mitteil* 2: 269-272.
- Sagegami-Oba R, Takahashi N, Oba Y.**

2007. The evolutionary process of bioluminescence and aposematism in cantharoid beetles (Coleoptera: Elateroidea) inferred by the analysis of 18S ribosomal DNA. *Gene* 400: 104-113.
- Satô M.** 1978. Fireflies of Japan. *Insectarium* 15(6): 44-49. (in Japanese)
- South A, Stanger-Hall K, Jeng ML, Lewis SM.** 2011. Correlated evolution of female neoteny and flightlessness with male spermatophores production in fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Evolution* 65: 1099-1113.
- Su HJ, Su CY.** 1988. Multivariate analysis on the forest vegetation of Kenting National Park. *Quart J Chin Forestry* 21: 17-32. (in Chinese)
- Suzuki H.** 1997. Molecular phylogenetic studies of Japanese fireflies and their mating systems (Coleoptera: Cantharoidea). *Tokyo Metro Univ Bull Nat Hist* 3: 1-53.
- Suzuki H, Sato Y, Fujiyama S, Ohba N.** 1996. Biochemical systematics of Japanese fireflies of the subfamily Luciolinae and their flash communication systems. *Biochemical Genetics* 34: 191-200.
- Takada K.** 2011. Popularity of different lampyrid species in Japanese culture as measured by Google search volume. *Insects* 2: 336-342. (in Japanese)
- Takashi F.** 1997. Fireflies of Ryukyu. Urasoe City: Ryukyu Press. 63 pp. (in Japanese)
- Wang YC.** 2012. Firefly-resources investigation and monitoring of the Black-winged firefly (*Luciola cerata* Olivier) in Xitou area [master's thesis]. Taipei City: National Taiwan University. 77 pp. (in Chinese)
- Wu CH.** 2010. The biology and conservation of the black-winged firefly, *Luciola cerata* Olivier (Coleoptera: Lampyridae) [doctoral dissertation]. Taipei City: National Taiwan University. 113 pp.
- Wu CH, Yang PS.** 2008. Survey of the firefly resources in Tungshih forest. *Formosan Entomol* 28: 195-209. (in Chinese)
- Wu CH, Ho JZ, Jeng ML, Yang PS.** 2012. The survey of the firefly resources in Chinan National Forest Recreation Area and the fireflies' resource utilization. *Formosan Entomol* 32: 249-269. (in Chinese)
- Wu WC, Peng JJ.** 2007. Habitat environmental factors and population fluctuations of the firefly, *Pyrocoelia analis* (Coleoptera: Lampyridae). *Formosan Entomol* 21: 37-45. (in Chinese)
- Yuma M.** 2007. Effect of rainfall on the long-term population dynamics of the aquatic firefly *Luciola cruciata*. *Entomol Sci* 10: 237-244.

收件日期：2013年11月28日

接受日期：2014年3月10日

Adult Season and Flash Behavior of *Luciola filiformis* Olivier (Coleoptera: Lampyridae) in Southern Taiwan

Ming-Luen Jeng¹, Tsan-Rong Chen², Jun-Hao Chiu^{3,4}, and Wenbe Hwang^{3*}

² Department of Biology, National Museum of Natural Science 1, Guanqian Rd., Taichung City 40453, Taiwan

¹ Taiwan Purple Butterfly Ecological Preservation Association, 12F-1, No. 50, Sec. 2, Meicun Rd., Taichung City 40244, Taiwan

³ National University of Tainan, 33, Sec. 2, Shu-Lin St., Tainan City 70005, Taiwan

⁴ Yongfu Elementary School, 86, Sec. 2, Yongfu Road, Tainan City 70048, Taiwan

ABSTRACT

Luciola filiformis Olivier is a common but understudied firefly species in Taiwan. This paper reports a quantitative research conducted in 2010-2011 on its adult season and flashing behavior based on two populations in southern Taiwan. The adult season of *L. filiformis* in Nanrenshan, Kenting National Park, differs considerably from those in Siraya National Scenic Area (NSA) and other areas in Taiwan. The males appear throughout most of the year, with two peaks, one in spring and one in fall, in the old-growth forests of Nanrenshan. In Siraya NSA however, they are limited from May to July with a single peak. About 10-30 minutes after sunset, the males start patrol flights lasting from 8 to 45 minutes. They regularly emit a single-pulse flash at a rate of about 3 flashes a second. The interflash interval averages 351.82 ± 94.34 msec, and the pulse duration is 102.64 ± 25.25 msec ($n = 101$, mean \pm SE) under 22.1°C .

Key words: *Luciola filiformis*, *Luciola yayeyamana*, adult season, flash behavior, southern Taiwan

* Corresponding email: wenbehwang@mail.nutn.edu.tw