

馬祖列島螢火蟲多樣性之研究

Firefly Biodiversity Survey in Matsu Archipelago, Lienchiang County

何健鎔* 方華德 鄭恕涵 胡景瀚

Jen-Zon Ho*, Hua-Te Fang, Shu-Han Zheng and Jing-Han Hu

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集镇民生東路1號

Taiwan Endemic Species Research Institute, C.O.A. 1 Min-Sheng E. Road, Chichi, Nantou 552, Taiwan.

*通訊作者: jenzonho@tesri.gov.tw

*Corresponding author: jenzonho@tesri.gov.tw

摘要

為能瞭解馬祖列島的螢火蟲資源，自2009年4月至2013年10月間調查馬祖地區螢火蟲，共記錄2科2屬4種，分別為雌光螢科(Rhagophthalmidae)的北竿雌光螢(*Rhagophthalmus beigansis* Ho, 2012)及東莒雌光螢(*R. giallolateralis* Ho, 2012)；螢科(Lampyridae)的紅胸窗螢(*Pyrocoelia formosana* Olivier, 1911)及臺灣窗螢(*P. analis* Fabricius, 1801)。其中紅胸窗螢為日行性螢火蟲(diurnal)，其於種類皆為夜行型(nocturnal)。本文將描述其成蟲形態、發生期、食餌種類調查及幼蟲棲地，並探討其發光行為。從島嶼生物學上思考島嶼上的螢火蟲，是研究生物地理學上的良好題材，由於分布侷限，棲地狹窄，族群量小，建議政府當局研究應研擬保育對策，進行研究保育工作。

Abstract

To understand firefly diversity in Matsu Archipelago, an inventory was made from April 2009 to October 2013. Four species belonging to two families and two genus were recorded: *Rhagophthalmus*

beigansis Ho, 2012; *R. giallolateralus* Ho, 2012 of Rhagophthalmidae; *Pyrocoelia formosana* Olivier, 1911; and *P. analis* (Olivier, 1911) of Lampyridae. *P. formosana* is diurnal, while others are nocturnal. This article describes firefly morphology, period of occurrence of firefly adults, survey of prey species, larva habitats, and luminescence behavior. Studying fireflies from the biogeographic perspective can help understand island biology. Due to the firefly's limited distribution, narrow habitat and small population, we suggest relevant administration authorities to formulate strategy in firefly conservation efforts.

關鍵字：螢火蟲、雌光螢、馬祖列島、北竿、東莒、生物多樣性

Key words: Firefly, *Rhagophthalmus*, Matsu Archipelago, Beigan, Dongju, biodiversity

收件日期：2017 年 11 月 10 日

接受日期：2017 年 02 月 09 日

Received: November 10, 2017

Accepted: February 09, 2017

前言

馬祖列島西扼中國大陸福建省黃歧縣，隸屬於福建省連江縣，共計有 36 個大小島嶼所組成，羅布於臺灣海峽西北方及福建省閩江口外。位處東經 119°51' 至 120°31'、北緯 25°55' 至 26°44' 之間，詳如圖 1。地形以丘陵地為主，南竿鄉的雲臺山及牛角嶺與北竿鄉的芹山與壁山最為險峻。濱海地區主要為岩岸地形，多夾雜著懸崖峭壁，部分地區則有天然或人工填補的沙灘或礫灘地，而位於顯礁與大島之間也偶有沙灘或礫灘相連。

當地處亞熱帶氣候區，在海洋與陸地氣候交相影響下形成海洋型季風氣候。四季分明，且各月平均溫度差異甚大，1 月為氣溫最低，最暖月則為 8 月。馬祖地區年平均降雨量約 1,060 mm，但各月之雨量稀少且極不平均，但多集中在梅雨季節及颱風季節，造就乾溼季明顯，枯水期長達半年。由於冬季時期的猛烈東

北季風吹襲，且四面臨海無天然障蔽，在強烈大陸冷氣團南下，偶有下雪的機會。春季則西南季風盛行，來自臺灣海峽的西南季風挾帶著大量水氣，吹襲著溫度相對較低海面及陸面，導致大量水氣凝集於空氣中，而形成典型「平流霧」。

早期馬祖地區未有人類活動前的林相以亞熱帶常綠喬木為主。自明朝及清朝以來，成為沿海漁民們的補給站，在建材、造船及燃料等之需求下，導致大量樹木被砍伐，原始森林受到破壞，出現林木稀疏之情形。1956 年後馬祖進入戰地政務時期，因應國軍防衛上的遮蔭掩蔽、水土保持和景觀上之需求，才進行大規模植樹造林，主要樹種銀合歡(*Leucaena leucocephala*)、樟樹(*Cinnamomum camphora*)、相思樹(*Acacia confusa*)、苦楝(*Melia azedarach*)、木麻黃(*Casuarina equisetifolia*)、黑松(*Pinus thunbergii*)及琉球松(*P. luchuensis*)等。在軍管時期，曾受

到國軍良好的保護，皆順利保存至今(曹 2006)。

連江縣政府出版「馬祖昆蟲生態導覽」是目前較為完整詳實的科普推廣書籍，也是重要昆蟲物種多樣性調查成果(吳 2003)，根據該書籍記載，馬祖地區擁有特殊的生態系，棲地中多樣性的植物資源，因此孕育出種類繁多的昆蟲，蝴蝶已記錄 96 種，但在調查名錄中則無螢火蟲之紀錄，尚待補充之。2007 年間東莒國小王建華前校長曾帶領當地的教師及學生參加教育部小學科展，以東莒黃綠雌光螢(*R. giallolaralus*)的生態及行為研究為題，榮獲佳績。此外，北竿島唐岐國小陳秀梅老師長期觀察北竿鄉中正公園之北竿雌光螢(*R. beigansis*)發生，並帶領師生進行野外觀察，以此作為環境教育之教材。皆對東莒島及北竿島地區的雌光螢物種及生物學獲致初步觀察成果。連江縣政府近年來積極推廣生態旅遊活動，諸如賞鳥、海洋文化、地質及陸域生態等，已深受各地遊客喜愛。本研究進行馬祖列島間的螢火蟲資源調查，希望調查有關螢火蟲名錄、分布、生物學研究等，提供未來螢火蟲的深入研究之基礎，豐富當地生物多樣性外，並保育當地特有的螢火蟲。

材料與方法

本研究於 2009 年 4 月至 2013 年 10 月間，前往連江縣所轄下島嶼進行螢火蟲資源調查。

- 一、定期調查：調查北竿鄉橋仔及中正公園等 2 處，記錄種類、發生期及數量。
- 二、不定期調查：包含先期調查掌握螢火蟲之發生季，進行南竿島、北竿島(含大坵島)、東莒島、西莒島、東引島及西引島等地之不定期調查。主要延著公路兩旁進行採集，並記錄其分布，確認螢火蟲棲地，作

為保育物種之參考。

- 三、調查方法：夜間以目視方式法(sight-seeing)搜尋環境中於空中飛行或土表活動發光的成蟲及幼蟲，發現後鎖定目標，慢慢靠近，以蟲網撈捕或徒手捕捉，迅速將樣本放入塑膠盒內。
- 四、標本處理：自野外棲地間採集成蟲及幼蟲，及實驗室飼養中剛死亡之新鮮蟲體，皆浸泡於含有 95% 酒精溶液之透明指形瓶中，並標示採集地、採集人及採集時間後，放置於冰箱的冷藏庫中保存。如為實驗室飼養，則標示蟲隻死亡時間及採集地，以供後續研究分析。
- 五、幼蟲飼養：依據何等(2003)臺灣窗螢幼蟲之方法飼養雌光螢幼蟲。採單隻飼養，飼育於圓形透明塑膠杯中。塑膠杯高度為 6.0 cm，底部直徑為 8.0 cm，開口直徑為 9.5 cm。於放入蟲隻之前，杯底鋪上白色衛生紙(先對摺兩次)，並加入 3ml 去離子水，保持底墊濕度。杯頂加上透明塑膠蓋以防水分逸散及蟲隻逃脫，並於塑膠蓋中央穿鑿十字紋孔以使空氣流通。
- 六、成蟲鑑定與描述：依據相關螢火蟲圖鑑及文獻(Jeng *et al.* 1999; Ho *et al.* 2012)比對成蟲外部型態及生殖器，確認其物種。此外在解剖顯微鏡下觀察，描述其外部型態，以數位單眼相機拍照記錄。
- 七、棲地環境因子調查：為能瞭解棲地間氣象因子對螢火蟲之發生與出沒之影響，每日記錄溫度與溼度等氣象因子。本試驗氣象因子之收集，使用自動環境因子監測系統(HOBO H8 RH/Temp/Light Intensity/External Channel Data Logger)記錄棲地間環境因子之變化，該監測系統的監測區於北竿島的中正公園與橋仔，東莒

島的猛虎堡及消防局等 4 處，自 2010 年 2 月至 6 月，配合雌光螢的發生期。

結 果

一、馬祖地區螢火蟲資源、分布與發生期

於 2009 年 4 月至 2013 年 10 月間調查馬祖地區主要 6 個島嶼，共記錄螢科(Lampyridae)與雌光螢科(Rhagophthalmidae)等 2 科 2 屬 4 種(表 1)。其中螢科記錄紅胸窗螢(*Pyrocoelia formosana*)及臺灣窗螢(*P. analis*)；雌光螢科記錄北竿雌光螢(*Rhagophthalmus beigansis*)及東莒黃綠雌光螢(*R. giallolateralis*)。但馬祖地區僅東引島及西引島尚未有螢火蟲紀錄，其餘島嶼各有特定的種類分布。其中北竿島與東莒島之棲地之溫濕度記錄參考附錄 1。

螢科共記錄 2 種，分別為紅胸窗螢及臺灣窗螢，前者為日行性種類，後者為夜行性種類。紅胸窗螢成蟲發生期於 5-6 月間(表 1)，調查中曾於北竿芹山、壁山步道發現大量族群(圖 1)；幼蟲夜間亦會發光，5-11 月可見於草叢間活動。除了分布於臺灣及鄰近島嶼地區，紅胸窗螢於中國大陸的廣西、四川亦有紀錄(Jen *et al.* 1999；李 2005)。臺灣窗螢僅於 5 月在南竿島記錄 1 筆，其則再無發現。本種廣泛分布於中國大陸(福建、廣西、廣東、海南、江西、黑龍江、貴州、雲南)、越南、寮國、柬埔寨、泰國、緬甸及馬來西亞(Jeng *et al.* 1999；李 2005)。

雌光螢科記錄北竿雌光螢及東莒黃綠雌光螢 2 種，北竿雌光螢經調查得知，成蟲發生期在 4-6 月(表 1)，其中 5 月為高峰，調查中僅於北竿鄉有發現紀錄，分布詳圖 2；幼蟲極不容易發現，需在夜間翻找石塊搜尋，僅在 5 月份有 2 筆零星紀錄。成蟲每日出沒時間，從日

落後至晚間 9 時之間。而其開始活動的時段為黃昏日落後。由於 5-6 月間日落時間有逐日延後之現象，因此雌光螢成蟲的出沒時間亦有往後推延的現象。東莒黃綠雌光螢的發生期為 2-5 月(表 1)，略較北竿雌光螢為早，經調查得知，東莒島與西莒島皆有分布，東莒島之分布位置圖 3；幼蟲尚未在野外記錄。成蟲在入夜後開始活動，於傍晚及夜間在低矮草叢間常見雌蟲發光求偶。

二、生活史研究

入夜後開始進行北竿雌光螢雌蟲採集，以目視法搜尋發光中個體，並於雌蟲發光時，等待與尋找前來交配的雄蟲。待雌蟲交配後，一併帶回實驗室飼養。針對雌蟲產卵量及孵化率進行單隻觀察記錄得知，雌蟲平均產卵量 103.71 ± 16.04 ($n=7$) 粒，共計 726 粒卵，其中 653 粒卵順利孵化，73 粒卵未孵化，孵化率達 9 成，卵期為 29.67 ± 1.71 ($n=60$) 天，詳如表 2。孵化後之一齡幼蟲以原生地採集之馬陸進行餵養，依據何等(2003)方法飼養($n=60$)，但是幼蟲 1-2 齡會大量死亡，最後僅有 1 隻個體達到 8 齡，順利化蛹，但沒有羽化成功，有關生物學部分仍需更進一步探討。

三、形態描述與生態習性

(一) 紅胸窗螢

雄蟲體長 12.3-13.7 mm。前胸背板呈黑色半圓形，板中央有一枚紅色斑塊，且其前緣部具有兩枚明顯的腎形透明斑塊，此為其最明顯的辨認特徵。腹部的發光器不明顯。雌蟲體長 15.1-17.0 mm，體型較雄蟲肥大。頭部及身體均為橙黃色，翅退化因此無法飛翔，發光微弱(何 2001)。雄蟲與雌蟲之外部形態詳如圖 4A、B。

紅胸窗螢廣布於臺灣本島的低、中海拔山區，成蟲發生期為 4-6 月。雄蟲兼具日夜行性，發光器可發出微弱黃綠色光。幼蟲陸生，棲息於森林底層，以陸生蝸牛等軟體動物為食(何 2001；何和張 2006)。

(二) 臺灣窗螢

雄蟲體長 14.3-15.7 mm。觸角呈鋸齒狀；前胸背板為半圓形，橙黃色，於前緣部分具有 2 枚腎形斑塊；前翅為黑色，外緣具有 1 條橙黃色之寬紋；腹部末端具有 2 枚乳白色、外觀呈長橢圓形的發光器。雌蟲體長 19.1-20.0 mm，身體為橙黃色。翅退化縮小故無法飛行，前翅為橙色，中央之部分有時呈灰黑色；腹部末緣具有 4 枚發光器。臺灣窗螢雄蟲、雌蟲之外部形態分別如圖 4C、D。由於雄蟲僅有浸液標本，而雌蟲未採集到樣本，圖 4C、D 則以本島發現之活體進行拍攝。

本種螢火蟲主要分布於臺灣平原及海拔較低的丘陵地，為臺灣地區於平地最常見的螢火蟲，於其他離島地區如澎湖、小琉球及金門等地亦有其族群。成蟲夜行性，發出持續時間較長的綠色光。幼蟲為陸生性，主要生長於草叢中或廢耕農田裡，其主要之捕食對象為球蝸類的軟體動物(何 2001)。

(三) 北竿雌光螢

雄蟲體型橢圓形，體長約 9.97 mm；頭寬 2.31 mm；前胸背板 2.88 mm；翅寬 3.36 mm；翅長 7.46 mm；翅寬 3.36 mm，詳如圖五 C、D。頭部及腹眼皆為黑色，頭部不寬於前胸背板，複眼後緣凹陷程度不明顯，觸角 12 節。前胸背板為黑色，大致成梯形，前緣較窄而後緣較寬，表面無明顯的刻點。翅鞘黑色，表面粗糙，長度短於蟲體腹部，但不似蘇門達臘雌光螢 (*R. sumatrensis* Olivier, 1885) 之翅鞘表面具明顯而不匯合的刻點，每片翅鞘具 2 條不明顯的

脊，翅鞘的側緣凹陷，且凹陷處覆有稀疏的細毛，翅鞘邊緣為黑色，無黃色邊。足部呈褐色至深褐色，腿節的部分顏色較淺。

雌蟲具幼態持續現象(larvae form)，身體亦呈蠕蟲形，體長約 20 mm，體色為淡黃色。雌蟲不具翅膀，中胸背板具枚發光點，後胸及第 1-8 腹節之背板各有 3 枚發光點，第 9 腹節背板則具 2 枚發光點。腹部末端腹面具有一大型發光器，可持續發光。

(四) 東莒黃綠雌光螢

雄蟲體型橢圓形，體長約 11.82 mm；頭寬 2.40 mm；前胸背板 3.16 mm；翅寬 4.26 mm；翅長 9.23 mm；翅寬 4.26 mm，詳如圖五 A、B。身體主為深褐色，頭部及前胸背板具有較明顯光澤，於背面觀下體表覆有淡黃色軟毛。頭部黑色；複眼黑色，由背面觀可見複眼上下部分之凹面；觸角褐色；前胸背板深褐色；翅鞘深褐色，邊緣具有土黃色或橙黃色之細紋；胸部腹面橙黃色；足部之基節及轉節為橙黃色，腿節主為褐色至深褐色，基部及端部呈橙黃色，脛節及跗節深褐色；腹部褐色至黑色，各節後緣呈淡黃色或白色。

雌蟲之外部形態類似北竿雌光螢。卵為橢圓形，長徑約 10 mm，表面無突起及稜線。初產下的卵顏色為淡黃色，至幼蟲孵化前顏色逐漸變深至褐色或咖啡色，死亡或未受精的卵則逐漸變黑，同時表面逐漸凹陷而呈不規則狀。

討論

一、螢火蟲的組成、分布與特性

馬祖地區記錄 4 種螢火蟲，形態上皆屬於雌雄二態型，雄蟲具完整翅可飛行，但雌蟲翅退化無法飛行(何等 2003)，僅於地面爬行，對於族群的擴散上有一定的限制。其中臺灣窗螢

及紅胸窗螢皆屬於廣布種，雌光螢則較為獨特，相隔僅 40 公里的島嶼間，即分化出 2 種，且為當地特有物種，是相當特殊的例子。

臺灣窗螢廣泛分布於東南亞地區，中國大陸沿海省份、臺灣本島及金門也有分布。但馬祖地區僅於 2009 年 5 月在南竿有 1 筆雄蟲的採集紀錄，2012 年再次調查則未再發現。由調查紀錄的來源推測有兩種可能：其一，臺灣窗螢在海岸防風林常有大量的族群分布，而中國大陸的福建省亦有紀錄，推測沿海地區應有族群分布；再者南竿島與福建省的陸地最近距離雖不到 20 公里，夏季盛行南風，並以西南季風為主，透過氣流吹送過來亦有可能。其二，臺灣窗螢廣泛分布於郊野及林緣環境(何 1998；張 2011)。馬祖與金門同樣鄰近中國大陸，且島上亦有合適的生長環境，但南竿島近年來旅遊產業蓬勃發展，在人為干擾、棲地破壞及光害嚴重等影響下，可能導致原有的族群大量降低，因此變得不易觀察。

二、島嶼生物的特殊性

於 1992 年在巴西的里約召開「聯合國環境及發展會議」又稱「地球高峰會議」，開始將永續發展的理念延伸到島嶼的保育(<https://sustainable.development.un.org/>)。馬祖列島總計面積 29.6 km²，已發現北竿雌光螢與東莒黃緣雌光螢，不同的小島嶼間，居然有 2 種雌光螢，且相距不到 100 km，這是長期的演化所形成，其發光行為、棲地特性及形態等有所不同，因此更顯得珍貴，可見馬祖島嶼生態的珍貴及獨特性，值得深入研究。目前相關研究不多，對其生物學僅有初步瞭解，雌光螢幼蟲食性特殊，僅以馬陸(millipedes)為食，演化出獨特的捕食行為(Ho *et al.* 2012)；雌蟲羽化後呈蠕蟲型，僅於地表爬行而無法飛行，對於

環境具有一定的敏感性。如果當地不斷的開發與破壞，極容易影響其存活，因此首先要持續監測這 2 種雌光螢之數量及分布，先落實保育這種螢火蟲，結合當地之學校、老師與同學，共同保護這種馬祖列島僅有之雌光螢。或透過公民科學的調查進行雌光螢之監測。此外規劃馬祖特有雌光螢主要棲息環境評估，置設保護管理條例來保護牠們。

三、雌光螢的生物學初探

Ohba (1997) 曾進行大場雌光螢(*R. ohbai*) 幼蟲飼育之研究指出，環境濕度、培土或墊料之選用及處理為飼養上重要的考量因素之一，因其間可能存在的黴菌或其他病原、微生物，皆可能影響幼蟲的存活。因此本研究參考何(2002)之飼育方法，墊料使用沾水之衛生紙做為底鋪材質。飼養過程中容器內壁容易凝結水珠，若底墊未壓實貼附容器壁面，則幼蟲可能爬至容器和底墊之間，易受水珠沾黏而無法活動導致死亡，此部分確實造成 1-2 齡幼蟲大量死亡，必須每日注意濕度狀況，發現水珠後即刻拭去。改善水氣的問題，3-4 齡階段也有部分個體死亡，但原因不明，僅有 1 隻幼蟲成功蛻皮至 8 齡，最後羽化失敗而死亡。

野外觀察部分，在成蟲出沒期間，本研究中未發現到類似 Ohba *et al.*(1996)所提及的「異時性」(heterochrony)現象，即雌蟲的發生略早於雄蟲的現象，但這在其他種類的螢火蟲上卻是可以觀察到的普遍情況。成蟲每天的活動從入夜開始，雌蟲常選擇裸露的石塊、低草地，或是直接爬至人工建物上，將腹部以垂直地面 90 度向上舉起發光，最長可以持續發光 2hrs；雄蟲則入夜後僅活動約 30 min，由於雌蟲為定點發光，可在旁守候等待雄蟲受吸引而來，最多觀察到 2 隻雄蟲同時降落在雌蟲附近，隨即

爬向雌蟲進行交尾，此時雌蟲的發光會變暗或熄滅，可藉此判斷雄蟲的出現。

四、馬祖地區影響雌光螢族群之因素

人為的開發也是影響雌光螢棲存的重要因素之一。儘管馬祖地區人為開發的程度不似臺灣地區，相對的污染程度亦較臺灣地區輕微，然而許多人工設施亦會造成螢火蟲生存上的壓力，其中最明顯的為路燈的設置。由於雌光螢雌蟲需發光以吸引雄蟲，且其求偶、交尾時的溝通亦需要以螢光作為訊號，因此環境中若存在過強的光線，將導致螢火蟲的交尾過程受干擾，如此對其子代數量將造成關鍵性的影響。

由於雌光螢之棲地主要為低矮之草叢或植被稀疏的溼軟土壤，植被過於茂密、草叢過高之處及森林地帶等，則較無雌光螢之分布，而這些螢火蟲的棲地特徵也大致符合當地居民居住及活動的地區，因此除了路燈以外，住宅及建築的照明亦是人為光害的重要來源之一，尤其是成蟲的出沒時段為每日的傍晚時分至晚間八點左右，這時同常也是建築光害最為頻繁、嚴重的時段。以上種種光害，皆可能影響雌光螢成蟲的雌雄相遇，進而導致其族群逐年低落，甚至於光害頻繁的地方已無法發現雌光螢之蹤跡。

五、生態旅遊推廣及保育評估

馬祖的土地面積不大，但其獨特的文化、地理位置、歷史背景等，吸引遊客前往觀光。近來更因為生態旅遊的發展，不管是在海域的藍眼淚與潮間生態體驗，或是神話之鳥及梅花鹿的欣賞上，深受民眾的喜愛。島上的雌光螢的棲地，由於容易親近與到達，未來勢必成為夜間生態體驗的選項之一。但其相對脆弱的生

物特性，必須以更為謹慎的方式來操作與執行。

島上的路燈設置過多且密集，雌光螢的棲地常見於道路兩側草叢，嚴重的光害會影響個體相遇及繁衍，建議可將特定路段的路燈矮化並加裝遮光罩，或是在成蟲發生期間，進行燈火管制，以入夜後 2 小時進行關閉為佳。道路兩側及公園除草，建議避開發生期，其餘時段則依照過去的處理方式即可，以北竿雌光螢為例，若 3 月中發現第 1 隻個體出現，則最後一次除草建議提前 1 個月在 2 月中進行。草的高度建議保留 5-10cm，除下來的草則放回原處，以增加腐植層的肥沃與厚度。此外，願意參與守護的居民及業者，可自組巡守隊，首先掌握所在島嶼的雌光螢分布與發生期，於發生季期間輪班巡視，避免不當的捕抓與干擾。帶領遊客前往導覽時，嚴格宣導賞螢規範，呼籲遵守「不抓」、「不照」、「不踏入草叢」等行為，夜間輔助燈具則以手電筒罩上紅色玻璃紙進行路面照明。

馬祖近年來觀光產業蓬勃發展，根據馬祖國家風景區行政資訊網(<http://www.matsu-nsa.gov.tw/Gov/Main.aspx?l=1>)之統計，2011 至 2014 年的旅遊人次累計依序為 98,247 人次、99,950 人次、106,413 人次及 108,485 人次。觀光人數逐年增加，已突破 10 萬人次。在 2012 年更通過馬祖博弈公投，將在北竿及南竿建設渡假村及博弈設施，屆時的遊客量對於島上生態環境勢必是一大考驗。馬祖地區曾在 2000 年於 8 座無人島設立燕鷗保護區，使得黑嘴端鳳頭燕鷗及其他燕鷗群得以保存。雌光螢在幾年的調查下來，其棲息環境因為主要道路的建設與路的設置而呈現破碎化，而雌蟲的移動能力差，無法反應快速的環境變化，可能導致族群衰退或消失。建議可委請專業團隊持續監測

雌光螢的分布現況，評估其保護區及重要棲息環境設置的可行性，以保護雌光螢得以永續生存。

誌謝

感謝連江縣政府之委託「98年度馬祖地區雌光螢生態調查及鑑定計畫」及「99年度馬祖地區雌光螢生態調查及鑑定計畫」，執行調查工作期間，蒙當時曹局長爾元、張秘書壽華、江課長冠緯、蔡技佐錫鍊及王校長建華多方之協助，使計畫得以順利進行。調查人員於馬祖進行調查期間，蒙受北竿芹壁地中海、塘崎碧雲天度假村、南竿北極星、東莒船老大、西莒友誼民宿及東引東磯等民宿老闆調查上之協助，同時提供在地生物資源及自然景觀現況，增進調查人員對當地雌光螢分布之瞭解自然環境之掌握。工作人員於北竿進行雌光螢之野外採集及觀察期間，亦蒙塘岐國小陳老師秀梅、東莒國小陳老師登創、東引國小王老師祺智及北竿教會鄭牧師憲章提供寶貴經驗與採集情報，使工作人員瞭解雌光螢往年之分布及出沒情形；另為國立臺灣大學昆蟲學系楊平世教授與吳文哲教授鼓勵等。以上諸君大力支持與襄助，本計畫得以順利完成，在此一併謹呈謝意與敬意。

參考文獻

- 何健鎔。2001。新竹縣螢火蟲導覽手冊。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。新竹縣。207頁。
- 何健鎔。1998。西螺地區台灣窗螢大發生。自然保育季刊 24：48-53。
- 何健鎔、蘇宗宏、黃獻文。2003。臺灣窗螢之飼養法及其生活環。生物學報 38：79-87。
- 吳文哲、林宗岐、林宜昭、盧耽。2003。馬祖昆蟲生態導覽。連江縣政府。連江縣。192頁。
- 李學燕。2005。中國螢火蟲的系統分類與進化研究。中國科學院昆明動物研究所。博士論文。164頁。
- 張永仁。2012。金色島嶼的六足精靈(下)。金門國家公園管理處。金門縣。279頁。
- 陳建志、楊平世。1998。金門國家公園昆蟲項調查研究。內政部營建署金門國家公園管理處委託。金門縣。32頁。
- 陳章波。2000。金門國家公園生態環境監測架構之建立。內政部營建署金門國家公園管理處委託。金門縣。95頁。
- 曹瑞芳。2006。海上桃花源—馬祖。連江縣政府文化局。連江縣。
- Ho, J. Z., Y. F. Chen, S. H. Cheng, X. L. Tsai and P. S. Yang. 2012. Two new species of *Rhagophthalmus* Motschulsky (Coleoptera: Rhagophthalmidae) from Matsu Archipelago, Taiwan with biological commentary. *Zootaxa* 3274: 1-13.
- Jeng, M. L., J. Lai, P. S. Yang and M. Sato. 1999. On the validity of the generic name *Pyrocoelia* Gorham (Coleoptera, Lampyridae, Lampyrinae), with a review of Taiwanese species. *Japanese Journal of Systematic Entomology* 5: 347-362.

表 1 馬祖地區螢火蟲之種類、分布與發生期

Table 1. Firefly species, distribution and occurrence in Matsu Archipelago.

種類	分布	發生期
北竿雌光螢	北竿島、大坵島	4-6 月
東莒黃緣雌光螢	東莒島、西莒島	2-5 月
台灣窗螢	南竿島	5 月
紅胸窗螢	北竿島	5-6 月

表 2 北竿雌光螢雌蟲的產卵量及孵化率

Table 2. Egg production and hatching rate of *R. beigansis*

Item	Egg production	Hatching rate (%)
1	107	85
2	79	97
3	99	99
4	112	75
5	111	90
6	128	94
7	90	92
Mean±SD	103.71±16.04	90.00±0.08

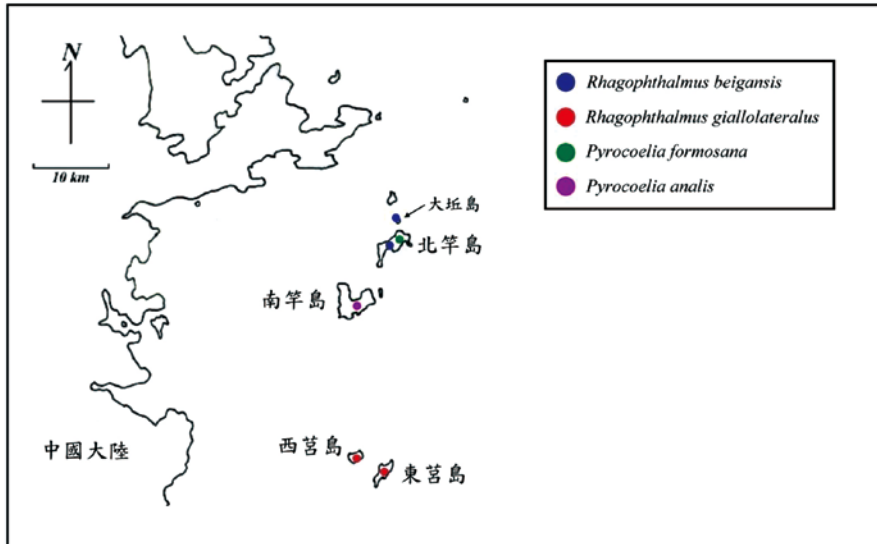


圖 1 馬祖列島位置。(修改自 Ho *et al.* 2012)

Fig. 1. Map of Matsu Archipelago (modified by Ho *et al.* 2012).

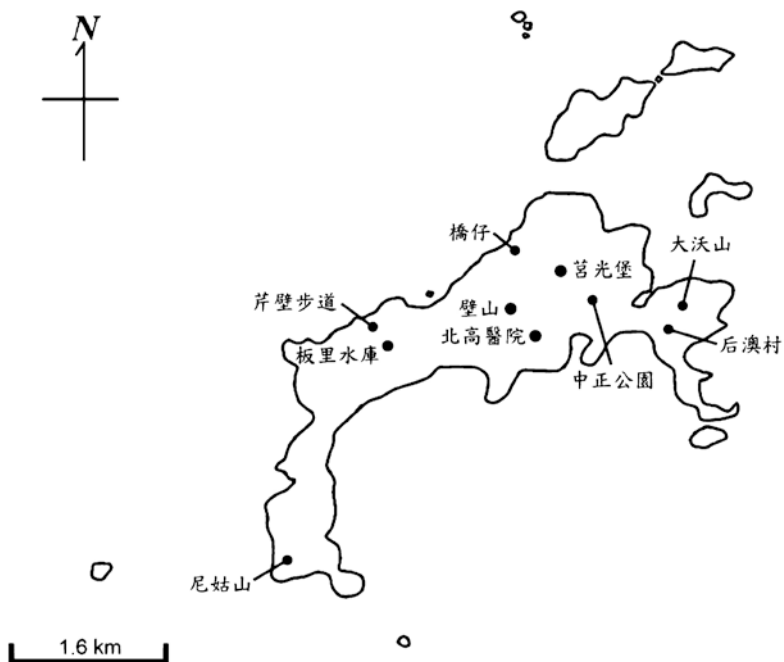


圖 2 北竿雌光螢於連江縣北竿鄉之分布。

Fig.2. Distribution of *R. beigansis* in Beigan County of Matsu Archipelago.

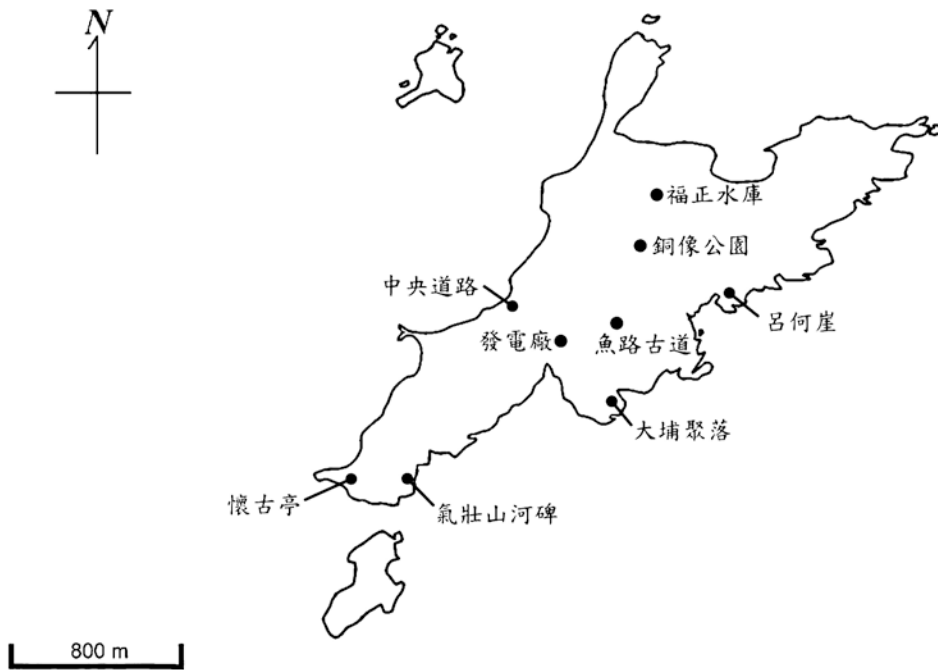


圖 3 東莒黃緣雌光螢於連江縣莒光鄉之分布。

Fig. 3. Distribution of *R. giallolaralus* in Dongju County of Matsu Archipelago.

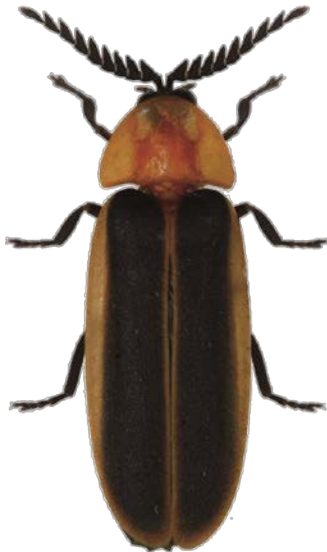
A



B



C



D



圖 4. 馬祖地區產窗螢屬 2 種。A：紅胸窗螢雄蟲；B：紅胸窗螢雌蟲；C：臺灣窗螢雄蟲；D：臺灣窗螢雌蟲。

Fig. 4. Morphology of two *Pyrocoelia* fireflies from Matsu Archipelago. A: *P. formosana* male; B: *P. formosana* female; C: *P. analis* male; D: *P. analis* female.

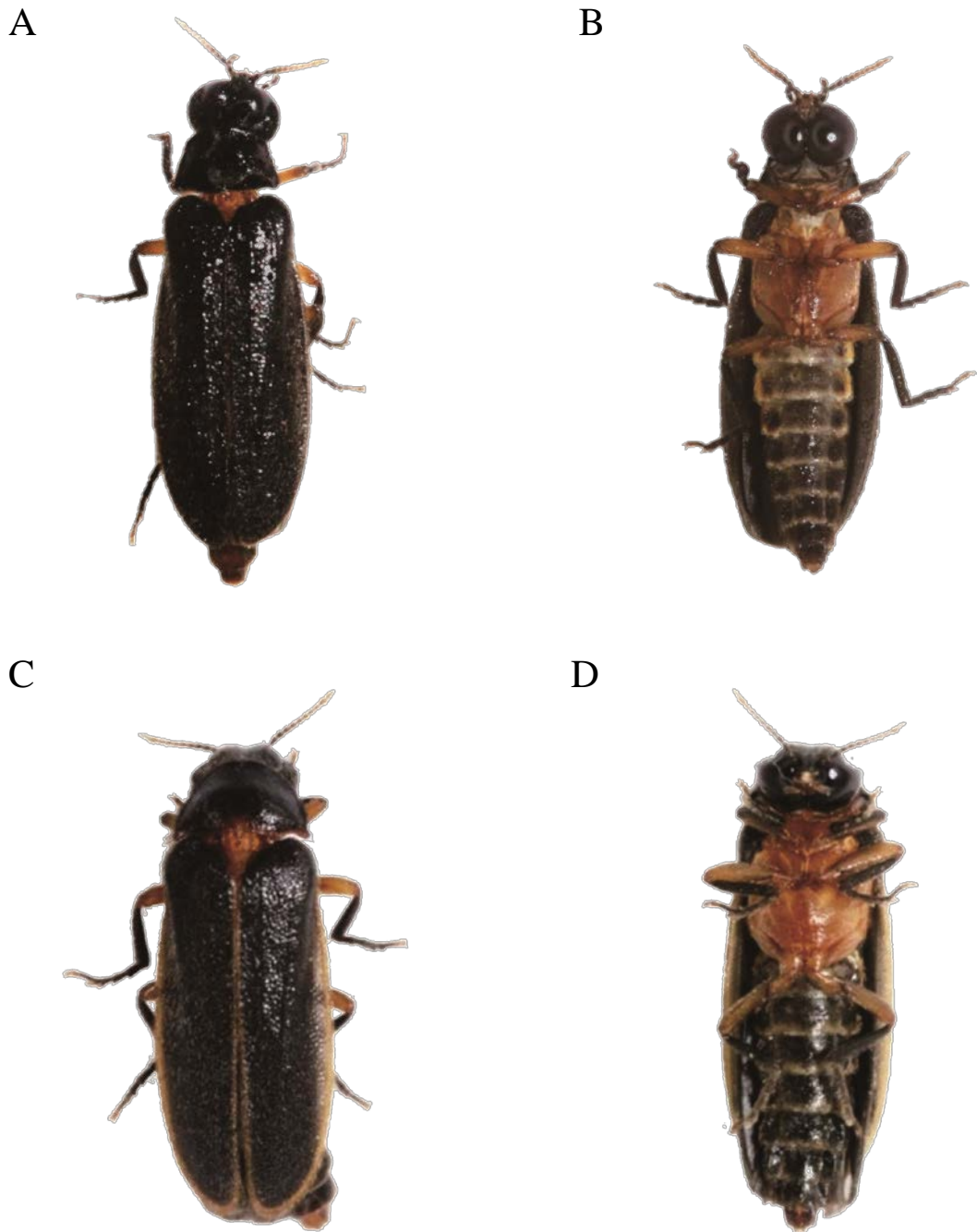


圖 5. 北竿雌光螢及東莒黃緣雌光螢雄蟲外部形態之比較。A：北竿雌光螢背面觀；B：北竿雌光螢腹面觀；C：東莒黃緣雌光螢背面觀；D：東莒黃緣雌光螢腹面觀。(修改自 Ho *et al.*, 2012)

Fig. 5. Morphology of two fireflies from Matsu Archipelago. A; Dorsal view of *R. beigansis*; B; Ventral view of *R. beigansis*; C; Dorsal view of *R. giallolateralis*; D; Ventral view of *R. giallolateralis*.

附錄 1、北竿及東莒地區各氣象觀測點之氣象因子(2010 年 2-6 月份)。

Appendix 1. Temperature and relative humidity of Beigan and Dongju of Matsu Archipelago.

Locality		Month	Temperature(°C)			R. H.濕度(%)		
			Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.
北竿	中正公園	2	11.18	24.01	4.15	85.80	100.00	35.10
		3	13.34	27.91	3.74	76.17	100.00	28.10
		4	14.75	24.01	7.83	76.26	100.00	33.70
		5	19.88	27.52	14.85	85.75	100.00	47.70
		6	23.15	31.93	17.90	90.89	100.00	42.90
	橋仔	2	13.41	37.88	4.15	82.88	100.00	24.60
		3	13.60	38.77	4.15	81.49	100.00	23.50
		4	16.31	30.31	7.43	83.15	100.00	43.40
		5	19.71	29.50	14.47	86.75	100.00	41.10
		6	24.30	31.12	18.66	55.07	76.10	39.10
東莒	消防局	2	11.32	27.52	4.15	84.44	100.00	39.70
		3	14.05	27.12	4.99	75.39	100.00	24.30
		4	15.67	32.34	7.83	84.14	100.00	34.20
		5	20.80	31.93	14.85	88.12	100.00	39.40
		6	23.99	40.13	17.90	90.93	100.00	39.70
	猛虎堡	2	11.24	27.52	4.57	86.64	100.00	32.20
		3	13.73	26.73	4.99	77.94	100.00	27.30
		4	14.45	26.73	7.43	86.82	100.00	48.70
		5	19.47	26.73	14.47	91.70	100.00	55.30
		6	22.82	29.50	17.52	92.32	100.00	50.90