

105 年連江縣生物多樣性及入侵種管理計畫
(馬祖列島雌光螢資源調查)

成果報告書

委託單位：連江縣政府

執行單位：中國文化大學森林暨自然保育學系

計畫主持人：謝佳宏 助理教授

共同主持人：王義仲、許立達、林敏宜、巫奇勳

中華民國 106 年 9 月

目 錄

摘要

一、計畫內容.....	1
二、工作項目	2
三、執行情形.....	5
四、檢討與建議.....	8
五、誌謝	10
六、參考文獻.....	11
表	13
圖	18
附錄一、連江縣雌光螢歷年資料彙整.....	39
附錄二、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會北竿簽到表.....	81
附錄三、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會北竿會議紀錄....	82
附錄四、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會莒光簽到表.....	90
附錄五、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會北竿會議紀錄....	91
附錄六、蛇類宣導活動簽到表.....	92
附錄七、馬祖蛇類種類與生態習性簡介.....	93
附錄八、雌光螢生態導覽簽東莒簽到表.....	101
附錄九、雌光螢生態導覽北竿簽到表.....	102
附錄十、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設申請計畫書初稿.....	103

摘要

本年度計畫針對馬祖地區二種雌光螢發生季與分布重新進行調查，北竿雌光螢(*Rhagophthalmus beigansis*)主要分布於北竿，主要發生季為四月，東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralus*)主要分布於東莒與西莒，主要發生季為三、四月。二種雌光螢主要發生季與分布位置與前人調查已有差異性。馬祖地區雌光螢成蟲主要發生季四月時，於北竿及莒光各舉辦一場認識雌光螢活動，透過雌光螢生態導覽，提昇民眾及社區對雌光螢保育資源觀念認知。應用粒線體 COI 基因分析二種雌光螢族群遺傳多樣性，結果顯示兩種雌光螢種內遺傳多樣性皆極低，不利於適應演化。本計畫同時彙整歷年雌光螢資料，包括分類地位、種類鑑定、生活史、生態習性、生態行為、分布概況、採集與人工飼養困難及保育現況等，提供馬祖列島野生動物重要棲息環境之設立參考。根據本年度與歷年資料統整後，更新第一版雌光螢摺頁資訊，發行修訂二版「海上的夜明珠-馬祖雌光螢生態簡介」，同時製作雌光螢宣導品套組，宣導品設計結合實用性、教育性與宣導性。根據本年度雌光螢調查與資料彙整成果，於北竿與莒光各舉辦一場，馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會，說明保護區劃社規劃與協調落實社區在地保育，並依據與會人員討論內容修訂後，提出馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設計畫書初稿。本計畫亦舉辦一場蛇類宣導活動並製作宣傳海報，使居民與遊客認識馬祖蛇類分布種類、生態習性、保育與預防蛇咬。本計畫落實辦理馬祖生物多樣性保育宣導與宣傳等相關工作，提昇民眾及社區對生物保育資源觀念認知，藉此凝聚社區融入生態保育與生態傳承理念，發展馬祖生態旅遊。

關鍵詞：雌光螢、馬祖、生物多樣性保育、野生動物保護區、生態旅遊

一、計畫內容

連江縣由馬祖列島所組成，地理上位於歐亞大陸東南方及西北太平洋的台灣海峽北方，氣候及位置上適於候鳥過境與渡冬，並有世界鳥類紅皮書所列出瀕臨絕種的神話之鳥，黑嘴端鳳頭燕鷗(*Thalasseus bernsteini* (Schlegel, 1863))分布，更據此成立馬祖列島燕鷗保護區。馬祖列島上的物種，除了來自歐亞大陸東南方外，由於海島的特性亦演化出特有之物種。因此，馬祖列島結合大陸與海島的特性，孕育出豐富的生物多樣性資源，蘊藏特殊的昆蟲與植物生態。連江縣政府與交通部馬祖風景管理處近年來欲發展觀光，引進梅花鹿進行異地保育並開發觀鹿觀光旅遊。藍眼淚的特殊生態，藉由一種異營性渦鞭毛藻的夜光蟲(*Noctiluca scintillans*)來產生發光源，更為近年馬祖欲開發觀光之重點，發展夜間生態旅遊。

馬祖列島夜間發光生物，除了藍眼淚外，另有螢火蟲資源可供發展，目前共計有 2 科 4 種螢火蟲分布。2012 年特有生物研究保育中心的何健銘博士，發表了以馬祖列島地名為依據命名的二種世界新種螢火蟲，雌光螢科(Rhagophthalmidae)的北竿雌光螢(*Rhagophthalmus beigansis* Ho, 2012)與東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralus* Ho, 2012)。該 2 種雌光螢為馬祖地區特有種生物，具有地域特殊性，亦有發展夜間生態旅遊的價值，而強化當地居民對於雌光螢的認識，則助於棲息環境的維持，落實生物資源保育與促進發展社區觀光。

本研究計畫將調查馬祖地區雌光螢資源狀態，彙整歷年雌光螢調查資料，並據此評估野生動物重要棲息環境之設立，達成保育馬祖特有種雌光螢之目標。辦理馬祖生物多樣性保育宣導與宣傳等相關工作，提昇民眾及社區對生物保育資源觀念認知，藉此凝聚社區融入生態保育與生態傳承理念，發展馬祖生態旅遊。

二、工作項目

1.連江縣雌光螢歷年資料收集彙整

蒐集連江縣歷年雌光螢生態調查資料：調查數據、分類地位、地理分布、生態特性、發生週期與棲地環境因子資料等彙整。馬祖歷年雌光螢研究報告參考資料如下：

- A. 98 年度馬祖地區雌光螢生態調查及鑑定計畫
- B. 99 年度馬祖地區雌光螢生態調查及鑑定計畫
- C. 104 年連江縣生物多樣性及入侵種管理計畫
- D. Ho, J. Z., Y. F. Chen, S. H. Cheng, X. L. Tsai, and P. S. Yang, 2012. Two new species of *Rhagophthalmus* (Coleoptera: Rhagophthalmidae) in Matzu Archipelago, with their biological commentary. Zootaxa 3274: 1-13.

2.雌光螢野生動物重要棲息環境設立之評估

A. 馬祖雌光螢調查

本計畫將彙整馬祖歷年雌光螢生態研究為參考資料，重新調查確認目前雌光螢主要發生季、地理分布、出現時間與數量密度。根據歷年研究資料顯示，馬祖地區雌光螢主要發生季介於三到五月，本計畫欲重新確認主要發生季，調查設定於二到六月進行，每月調查二次，夜間調查時間為入夜後至晚間九點，採用目視法觀察發光雌蟲並計算數量。本計畫亦欲重新確認雌光螢分布地點，調查地點包括北竿鄉與莒光鄉。雌光螢調查地點將利用手持式衛星定位系統(GPS)採用 TWD97 為大地基準，紀錄經緯度並轉換成二度分帶座標，並參考 google 地圖與其座標資料。同時架設自動溫濕度計(HOBO data logger)，記錄雌光螢主要發生季之氣溫濕度等氣象資料，探討氣候與雌光螢發生時間與數量之相關性。

B. 雌光螢遺傳多樣性分析

本計畫將於雌光螢調查期間將採集少數個體進行遺傳多樣性分析，保育遺傳資訊助於物種保育參考。DNA 粹取完成後，根據 LCO1490/HC02198 引子組，利用鏈聚合酶反應器增幅粒線體 COI 基因序列(Folmer *et al.*, 1994)，進行親緣關係樹、遺傳距離、單倍基因型(haplotype)、核苷酸多樣性(nucleotide diversity)及親緣地理等分析。親緣關係樹利用最大似然性法(Maximum Likelihood)以適合之核苷酸替換模式，做出所有可能的系統發生樹並給於統計值，評估並選出似然性最高的系統發生樹，並利用 Bootstrap 來檢測樹型支持程度，使用利用 MEGA7 軟體來製作(Tamura et al. 2013)。單倍基因型分析、核苷酸多樣性 (nucleotide diversity, π)利用 DnaSP version 5.10.1(Librado and Rozas 2009)軟體來計算。族群間遺傳距離以 Kimura's two-parameter model 來估算，利用 MEGA7 軟體來計算(Tamura et al. 2013)。最小關聯網狀圖(Minimum spanning network)，計算各單倍基因型之間核苷酸的最大改變量，將具有單一改變量的單倍基因型彼此連接，形成一個網狀圖(Templeton et al.,1993)。此網狀圖與親緣關係樹比較，可以推測物種演化過程、可能散播途徑與地理分布的關係。利用 Hapview 軟體來製作單倍基因型網狀圖 (<http://www.cibiv.at/~greg/haploviewer>)。

C. 馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會

本計畫將整合歷年與最新調查資料，提供位置範圍座標圖說等資料，評估野生動物重要棲息環境之類別，並協助製成計畫書供機關公告之參考。協助連江縣政府舉辦協助舉辦 1 場 2 次雌光螢設立野生動物重要棲息環境說明會，預訂於雌光螢主要發生季 3-5 月時，將於北竿鄉與莒光鄉各舉辦 1 次。

3. 生物多樣性教育宣導

A. 蛇類宣導活動

馬祖地區夏末秋初，蛇類出沒頻繁，其中包括王錦蛇(*Elaphe carinata*)、紅斑蛇(*Dinodon rufozonatum rufozonatum*)、南蛇(*Ptyas mucosa*)、花浪蛇(*Amphiesma stolatum*)等無毒蛇，亦有眼鏡蛇(*Naja atra*)與雨傘節(*Bungarus multicinctus*)等毒蛇，而且均有發生民眾或遊客遭遇蛇咬的事件，而一般民眾亦對於蛇類生態習性都不甚瞭解，只覺得既神祕又危險而感到害怕。有鑑於此，本計畫將協助連江縣政府於北竿鄉舉辦 1 場蛇類宣導活動，宣導活動中介紹馬祖蛇類分布種類、生態習性與如何保育，宣導不任意打殺蛇類及如何預防蛇咬，說明蛇類在生態平衡中扮演重要角色，讓民眾了解到期時蛇類亦亟需要大家的正視與保護。

B. 認識雌光螢活動

由於馬祖地區的 2 種雌光螢是近幾年才發現的新種螢火蟲，而且生態習性特殊，有別於一般人所認知夏夜飛來飛去的螢火螢，所以對大部分的當地居民來說是相當陌生的。因此本計畫於雌光螢發生季節協助連江縣政府舉辦 1 場 2 次認識雌光螢活動，藉由宣導說明雌光螢生態，讓當地居民認識在地生物資源，並推廣生物資源保育，強化社區參與在地保育，促進社區經營維持特有種雌光螢棲息環境，期望帶動社區發展雌光螢生態旅遊觀光產業。本計畫將於雌光螢主要發生季 4 月，於北竿鄉舉辦 1 次認識北竿雌光螢活動，及莒光鄉舉辦 1 次認識東莒黃緣雌光螢活動。雌光螢生態導覽，提昇民眾及社區對雌光螢保育資源觀念認知。

4.雌光螢宣導品製作

本計畫將根據馬祖歷年雌光螢生態研究資料，並與特有生物保育研究中心合作，更新第一版雌光螢摺頁資訊，發行第二版海上的夜明珠-馬祖雌光螢生態簡介，共 500 份並提供原始檔。設計製作 100 份雌光螢宣導品，宣導品設計將結合實用性、教育性與宣導性，可能產品為 L 夾、紙膠帶、磁鐵開罐器或桌曆等產品。

三、執行情形

1. 連江縣雌光螢歷年資料收集彙整

蒐集歷年馬祖雌光螢相關資料後彙整成冊，包括九大部分，前言、雌光螢分類地位及種類鑑定、生活史、生態習性、生態行為、分布概況、採集與人工飼養困難及保育現況等(附錄一)。內容詳述馬祖二種特有種雌光螢，北竿雌光螢(*R. beigansis*)與東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralus*)的發現史、生態資料與保育現況。彙整歷年調查資料，製作二種雌光螢分布圖，並根據 2016 年最新調查數據，標示各地點發生月份數量變化，提供劃設野生動物重要棲息環境參考。此彙整資料亦可提供未來製作生態導覽手冊時的藍本。

2. 馬祖雌光螢調查

本計畫針對發光之雌光螢雌蟲進行分布調查(圖一)，利用手持式溫溼度計記錄氣候因子(表一)，並在北竿島碧山路與東莒島氣壯山河等二處，離地 1.5 公尺及地面位置，各架設自動溫度計(HOBO data logger)記錄氣溫變化，設定每四小時自動記錄一次(表二、圖二)。東莒黃緣雌光螢從三月初起在西莒島的天后宮附近開始有觀察記錄，而東莒島三月中才開始有觀察記錄，地點包括懷古亭、氣壯山河、直昇機場、中興路加油站、共榮共興標語等地點(表三、表四、圖三)。根據目前調查數據，東莒黃緣雌光螢從開始發生的三月到四月間，數量有逐漸增多的趨勢。北竿雌光螢從四月起開始有觀察記錄，地點包括橋仔聚落、蝴蝶花谷、中正公園與環島東路三號彈藥庫(表三、表四、圖四)。調查過程發現路燈光亮處不易或無法觀察到雌光螢，顯示路燈可能對雌光螢求偶與分布產生影響，詳細影響情形需再進行後續更深入相關生態觀察研究，才能提供保育策略擬定時之相關參考資料。雌光螢發生與氣候因子之相關性探討，北竿雌光螢主要發生季為四月，該月平均溫度約為 17°C，溼度 90%；東莒黃緣雌光螢主要發生季為三、四月，平

均溫度約為 13~18℃，溼度 89~91%(表一、二)。兩種雌光螢在氣溫 13~18℃時為發生高峰。今年度調查五月後便無發現雌光螢，推測溫度高於 20℃不利於雌光螢成蟲出現，而溼度影響則無明顯差異。

北竿鄉中正公園與橋仔區雌光螢今年度調查與歷年資料比對後，發現有逐年減少現象，推測原因為道路開發、人工設施建造與路燈光害。道路開發與人工設施建造會造成棲地破碎化，路燈光害會影響求偶溝通，未來雌光螢棲地開發前，建議需仔細評估，避免棲地開發造成雌光螢的數量減少甚至消失。

3. 雌光螢遺傳多樣性分析

利用粒線體 COI 基因所重建之親緣關係樹，顯示北竿雌光螢與東莒黃緣雌光螢為不同單系群，而東莒黃緣雌光螢可再分為二支系，東莒支系與西莒支系(圖五)。遺傳距離分析，顯示兩種雌光螢間遺傳距離介於 0.08~0.082，種間遺傳距離差異大。東莒黃緣雌光螢在東莒與西莒兩島間亦具遺傳距離差異 0.001(表五)。單倍基因型分析，北竿雌光螢僅具一種單倍基因型；東莒黃緣雌光螢則有二種單倍基因型，東莒單倍基因型與西莒單倍基因型。北竿雌光螢由於僅具一種單倍基因型，核苷酸多樣性為 0。東莒黃緣雌光螢分為二分支，東莒及西莒分支皆各僅具一種單基因型，東莒分支核苷酸多樣性為 0，西莒分支核苷酸多樣性亦為 0。親緣地理分析，兩種雌光螢核苷酸差異數量大，地理分布無重疊，顯示具明顯地理隔離現象(圖六)。東莒黃緣雌光螢在東莒與西莒兩島間具地理區隔，兩地樣本差異 1 個核苷酸，推測此種雌光螢先在其中一個島種化形成，隨後再拓殖到另一個島。北竿、東莒和西莒所分布的雌光螢族群，各島族群內遺傳距離皆為 0，顯示族群內無遺傳差異，遺傳多樣性極低，不利於族群適應演化。

4. 馬祖雌光螢野生動物重要棲息環境設立說明會

本計畫協助連江縣政府舉辦協助舉辦一場二次雌光螢設立野生動物重要棲息環境說明會，雌光螢主要發生季五月時，已於北竿鄉與莒光鄉各舉辦一次，5

月 5 日於北竿唐岐老人活動中心舉行說明會(圖七、附錄二、附錄三)，而 5 月 6 日於莒光鄉的東莒老人活動中心舉行說明會(圖八、附錄四、附錄五)。會中邀請相關學者、生態工作者、縣政府官員及當地居民等，面對面進行座談溝通說明，詳細過程與討論內容參考會議紀錄(附錄三、附錄五)。會議討論重點項目著重於保護區劃設需確認公、私有地，建議先設立示範區，針對路燈的處理與關燈的時機，未來需增加調查地點更確定目前分佈狀態。

5. 蛇類宣導活動

本計畫已於 105 年 10 月 15 日在連江縣北竿鄉唐岐老人活動中心舉辦蛇類宣導活動，共 32 人參與，與會年齡層廣泛，包括老人、兒童與青壯年(圖九、附錄六)。本宣導活動使居民與遊客認識馬祖蛇類分布種類、生態習性與如何保育，宣導不任意打殺蛇類及如何預防蛇咬，說明蛇類在生態平衡中扮演重要角色，讓民眾了解到期時蛇類亦亟需要大家的正視與保護(附錄七)。本計畫同時製作馬祖蛇類宣導海報 1000 份(圖十)，現場發給與會民眾每人一張，其餘將隨後視情況發送給當地學校、居民與遊客。

6. 認識雌光螢活動

本計畫於 106 年 04 月 14 日在莒光鄉的莒光遊客中心舉行共 26 人參與，包括風管處、東莒國小、導遊與遊客等人員，首先由林韋宏講師在莒光遊客中心進行雌光螢生態習性簡介，隨後由許廣宗講師引導至戶外進行雌光螢觀察(圖十一、附錄八)。106 年 04 月 15 日在北竿鄉的唐岐老人活動中心舉辦共 20 人參與，首先由林韋宏講師在莒光遊客中心進行雌光螢生態習性簡介，隨後由高文清講師引導至戶外進行雌光螢觀察(圖十二、附錄九)。

7. 雌光螢摺頁更新與宣導品製作

本計畫根據本計畫所調查到的雌光螢分布地點與數量，並與特有生物保育研

究中心合作，更新第一版雌光螢摺頁資訊，發行第二版「海上的夜明珠-馬祖雌光螢生態簡介」，共 500 份並提供原始檔供日後宣傳、改版利用(圖十三)。

本計畫設計製作 100 份雌光螢宣導品套組(圖十四)，宣導品設計將結合實用性、教育性與宣導性。雌光螢 L 夾(圖十五)，正面標示兩種雌光螢學名與中文俗名，反面說明雌光螢行為。雌光螢紙膠帶(圖十六)，紙膠帶說明馬祖 2 種雌光螢特徵、命名由來、發光行為、交配與護卵行為。雌光螢開瓶器(圖十七)，馬祖二種雌光螢發光與求偶行為開瓶器，並附小卡說明學名、中文俗名、特徵、分布地點與發生期。雌光螢年曆，2017 年曆以東莒雌光螢製作，2018 年曆以北竿雌光螢製作，附上學名、中文俗名與發光行為圖片(圖十八)。宣導品介紹北竿雌光螢與東莒黃緣雌光螢的形態特徵、命名由來、發生時間、分布地點、取食物種、發光行為與護卵行為等，並提供精美圖片用於觀賞。

7. 馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設計畫書

馬祖雌光螢野生動物重要棲息環境設立說明會後，根據二次說明會各方意見，統整提出馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設計畫書初稿(附錄十)。馬祖列島於近年發現二新種雌光螢，由於經專家鑑定為當地特有種，考量馬祖列島面積及地理環境有限，在權衡開放發展觀光與保護珍貴天然資源環境的同時，亦須儘早將完善配套的生態保護規畫在內，以期能永續發展及利用這些珍貴的生態資源，本計畫擬定馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設初期計畫書，供後續正式設立生物保護區之相關措施及規範作依據參考。

四、檢討與建議

馬祖地區雌光螢面臨威脅及建議方案：

1. 光害

螢火蟲求偶方式可分為二階段，首先尋偶時為遠程化學方式，透過費落蒙吸引異性靠近，隨後靠近時使用近程光學定位，根據視覺搜尋定位配偶位置。一年一代的雌光螢，由於其特殊的生態習性，每年繁殖季節時(北

竿雌光螢 3-6 月；東莒黃緣雌光螢 2-5 月)，必須透過夜間發光才能找到交配對象，過多的路燈及路燈點亮的時段，都已觀察到確實會影響雌光螢的發光(雄成蟲：入夜後半小時內、雌成蟲入夜後至 21：00)。為使雌光螢能順利繁衍下一代，建議在保護區進行燈火管制，以入夜至 21：00 熄燈或路燈減量等方式來進行改善保護。此外，路燈加裝光罩遮光，亦可縮小光照範圍，達到減少光害目的。

2. 新道路或遊憩設施之建造

雌蟲翅膀退化成幼蟲狀，無法飛行，移動能力有限。另外幼蟲活動能力也不若成蟲範圍大，且初齡幼蟲死亡率較高，所以考量保育雌光螢族群數量的最高原則考量下，應避免在保護區整建、拓寬、開闢新道路或遊憩設施。另若有大型開發案如渡假村等，亦須經過嚴謹的環境評估，避免珍貴物種消失不復返。

3. 環境變動敏感

馬祖雌光螢主要捕食馬陸 (Millipede)，因此維護雌光螢生態的重要工作之一便是維護雌光螢的食物來源無缺。馬陸為陸生，又稱千足蟲，為倍足綱節肢動物，喜歡生活在潮濕地方，大多以枯枝落葉等有機質為食。枯枝落葉經自然分解後，形成土壤腐植質的一部分，良好的腐質層是許多蚯蚓、蝸牛、螞蟥、白蟻、馬陸及鼠婦等陸生無脊椎生物賴以生存之環境，也是螢火蟲幼蟲躲避與棲息的避難所，在提供地表濕度的維持上亦有一定功效，因此保護區內的枯枝落葉不必刻意移除。保護區內的草叢可做適當修剪，提早於發生季前一個月進行，雜草割除後留置原地，除可提供馬陸的食物來源，亦可提供更好的觀賞景觀。

由於雌光螢與馬陸對環境變動敏感，尤其是農藥的使用。保護區內及道路兩旁應禁用化學藥劑(如殺蟲劑、除草劑等)，以避免立即性的大量危害其族群。

4. 保育觀念

定期舉辦馬祖生物多樣性保育宣導與宣傳等相關工作，強化當地居民對於雌光螢的認識，提昇民眾及社區對生物保育資源觀念認知，並配合雌光螢發生季節，發展馬祖生態旅遊。藉此凝聚社區融入生態保育與生態傳承理念，落實生物資源保育與促進發展社區觀光，才能有助於雌光螢保護區環境的維持。

5. 族群監測

海島型特有生物之生態系統因棲地狹小，本來就相對脆弱，所以任何一生態環節因子出問題，很可能便將該物種推向不可逆之滅絕路，因此持續不斷的族群監測是維護保護區的基本重要工作之一。定期對各保護區域做雌光螢及馬陸族群數量做觀察監測，並監管、預防任何危害保護區生態之情事發生。

6. 保育計畫

馬祖列島雌光螢保育未來需規劃至少 3 年的復育計畫，根據今年度調查結果，初步規劃保育範圍，建議以公有地或廢棄營區優先，針對棲地進行復育或營造，必要時須規劃都市計畫變更。建議使用本土植物作為綠圍籬來區隔保護區範圍，並設置範圍告示牌，而雌光螢喜好短草坪開闊植被，主要食物為馬陸，亦應針對棲地與食物來源加強管理，主要透過自然方式維護棲地與增加食物來源，如無法達成時，人工介入營造棲地與增加食物來源。環境教育部分，建議設置建立解說告示及生態館等環教中心硬體設施，讓民眾重視瞭解馬祖列島特有種雌光螢。同時需針對面臨滅絕族群需擬定未來可能移地保育計畫，規劃候選位置與範圍，提早規劃棲地營造，以便因應不時之需。

五、誌謝

感謝馬祖當地公民科學家參與雌光螢調查，仁愛國小王建華校長提供觀察地點參考，東莒島感謝許廣宗技正、黃致豪、李庭富先生、陳慧書及陳君業調查，

西莒島感謝黃祥晟先生調查，北竿島感謝高文清先生、王禮義及王春萍小姐調查。另外、特別感謝特有生物保育研究中心何健鎔博士所提供的資料與協助，方華德先生與崔正學浩先生協助專業調查，林韋宏先生協助舉辦雌光螢生態導覽。特別感謝楊平世教授與吳家雄博士等兩位審查委員的建議，使得本計畫內容能更加完善。

六、參考資料

王皓、林岳陞、陳鉅承、周思萍。2007。打著燈籠等情人—大場雌光螢。連江縣東莒國小科學展覽。

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。

何健鎔。2009。98 年度馬祖地區雌光螢生態棲地調查及鑑定書。連江縣政府委託報告。

何健鎔。2011。99 年度馬祖地區雌光螢生態棲地調查及鑑定書。連江縣政府委託報告。

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。

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。

陳燦榮、鄭明倫。2012。螢在西拉雅。交通部觀光局西拉雅國家風景區管理處。208 頁。

謝佳宏、何健鎔。2017。連江縣雌光螢歷年資料彙整。連江縣政府委託報告。

Ho JR, Chen YF, Cheng SH, Tsai XL, Yang PS. (2012) Two new species of

Rhagophthalmus Motschulsky (Coleoptera: Rhagophthalmidae) from Matsu

Archipelago, Taiwan with biological commentary. Zootaxa 3274: 1-13

表一、連江縣雌光螢調查氣候記錄表

時間		3/7	3/9	3/11	3/15	3/17	3/20	3/23	3/26	4/1	4/2	4/3	4/7
地點													
北竿	溫度(°C)											17.8	20.1
	濕度(%)											70	79
東莒	溫度(°C)				13	14.7			10.6	12.1	13.1		
	濕度(%)				78	63			86	77	78		
西莒	溫度(°C)	18.3											
	濕度(%)	69											

表二、雌光螢發生季自動溫度計(HOBO data logger)記錄氣象因子

地點	時間	溫度℃			土壤溫度℃			相對溼度%		
		月均溫	最高溫	最低溫	月均溫	最高溫	最低溫	平均溼度	最高溼度	最低溼度
北竿(壁山路)	3 月	11.72	18.96	7.67	13.66	19.09	10.94	93.49	100	52.66
	4 月	16.97	25.45	8.52	18.54	26.29	12.4	89.69	100	43.45
	5 月	20.95	27.21	16.56	22.65	30.26	18.52	93.83	100	55.72
	6 月	22.77	29.27	18.68	23.56	30.37	20.23	99.15	100	84.29
東莒(氣壯山河)	3 月	12.78	18.08	9.163	-	-	-	90.68	99.47	60.35
	4 月	17.95	24.6	9.98	-	-	-	88.95	100	52.78
	5 月	22.03	26.87	17.89	-	-	-	92.09	100	72.44
	6 月	23.85	29.69	19.84	-	-	-	97.64	100	80.43

註：東莒土壤自動溫度計故障未列出記錄值

表三、連江縣雌光螢分布調查表

日期		3/7	3/9	3/11	3/15	3/17	3/20	3/23	3/26	4/1	4/2	4/3	4/7	4/8	4/9	4/10	4/11	4/12	4/13	4/14	4/16	4/20	4/25
地點																							
北竿	蝴蝶花谷											20					1						
	中正公園												1										
	環島東路3號彈藥庫											2											
	坂里菜園(遊客中心旁)													4					9				
	中正公園靶場階梯														1								
	中興公園																1		1				
	壁山步道																1						
	碧園																1						
	苔光堡至橋仔水庫																		5				
	橋仔水庫水壩兩側																		13				
	橋仔水庫至環島北路白馬尊王																		8				
	環島北路白馬尊王至靈骨塔																		9				
	靈骨塔至芹壁																		8				
	苔光堡露營地																	5		5			
	環島東路近幹訓班																	2					
	塘岐-橋仔休閒廊道																			6			
	環島北路白馬尊王廟																				3	50	14
	懷恩修道院																				4		
東莒	共榮共興標語				1				3	13	1												
	東莒派出所道路				1			10	2	8									9				
	中興路加油站										9								5				
	東莒直昇機場						3			26	1								23				
	氣壯山河				1																		
	懷古亭									7	16												
	衛生所周圍																		10				
	田沃境天后宮		2	3	2			7															
西莒	有容路往西坵村小路																		63				
	有容路往西坵村小路(另一側)																		11				

表四、連江縣雌光螢調查地點經緯度座標

地點	北緯	東經	海拔
北竿 蝴蝶花谷	26°13'47.74"	119°59'53.79"	78
中正公園	26°13'36.30"	119°59'49.39"	20
環島東路3號彈藥庫			
坂里菜園(遊客中心旁)	26°12'59.97"	119°58'30.99"	7
中正公園靶場階梯	26°13'37.30"	119°59'52.67"	15
中興公園	26°13'13.81"	119°59'36.94"	68
壁山步道	26°13'16.66"	119°58'47.67"	183
碧園	26°13'13.57"	119°59'23.03"	77
莒光堡至僑仔水庫	26°13'56.34"	119°59'37.51"	52
僑仔水庫水壩兩側	26°13'56.34"	119°59'37.51"	52
僑仔水庫至環島北路白馬尊王廟			
環島北路白馬尊王廟至靈骨塔	26°13'57.28"	119°59'32.28"	40
靈骨塔至芹壁	26°13'41.84"	119°59'14.26"	37
莒光堡露營地	26°13'49.04"	119°59'41.85"	131
環島東路近幹訓班	26°13'47.74"	119°59'48.88"	94
塘岐-僑仔休閒廊道	26°14'06.65"	119°59'39.25"	27
環島北路白馬尊王廟	26°13'57.28"	119°59'32.28"	
懷恩修道院	26°13'50.5"	119°59'42.7"	
東莒 共榮共興標語	25°57'37.12"	119°58'17.50"	64
東莒派出所道路	25°57'34.56"	119°58'16.01"	53
中興路加油站	25°57'45.47"	119°58'38.61"	47
東莒直升機場	25°57'28.58"	119°58'02.49"	29
氣壯山河	25°57'03.73"	119°57'50.10"	58
懷古亭	25°57'01.17"	119°57'46.84"	31
衛生所周圍	25°57'42.25"	119°58'34.26"	53
西莒 田沃境天后宮	25°58'38.83"	119°56'26.80"	58
有容路往西坵村小路	25°58'24.69"	119°56'02.10"	93
有容路往西坵村小路(另一側)	25°58'21.15"	119°56'01.83"	88

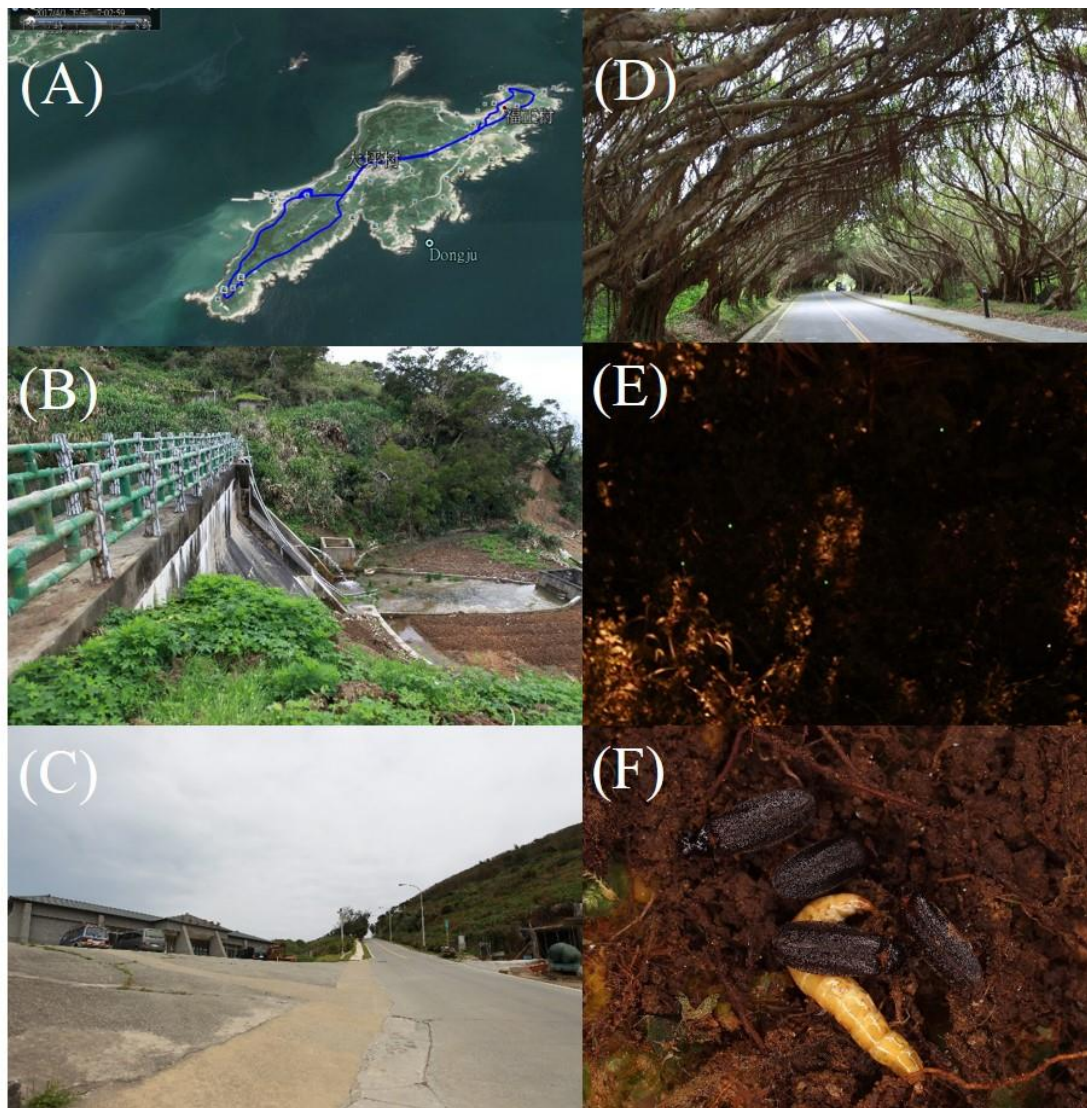
表五、雌光螢粒線體 DNA COI 基因遺傳距離

	1	2	within
1 Rb			0
2 RgE	0.082		0
3 RgW	0.080	0.001	0

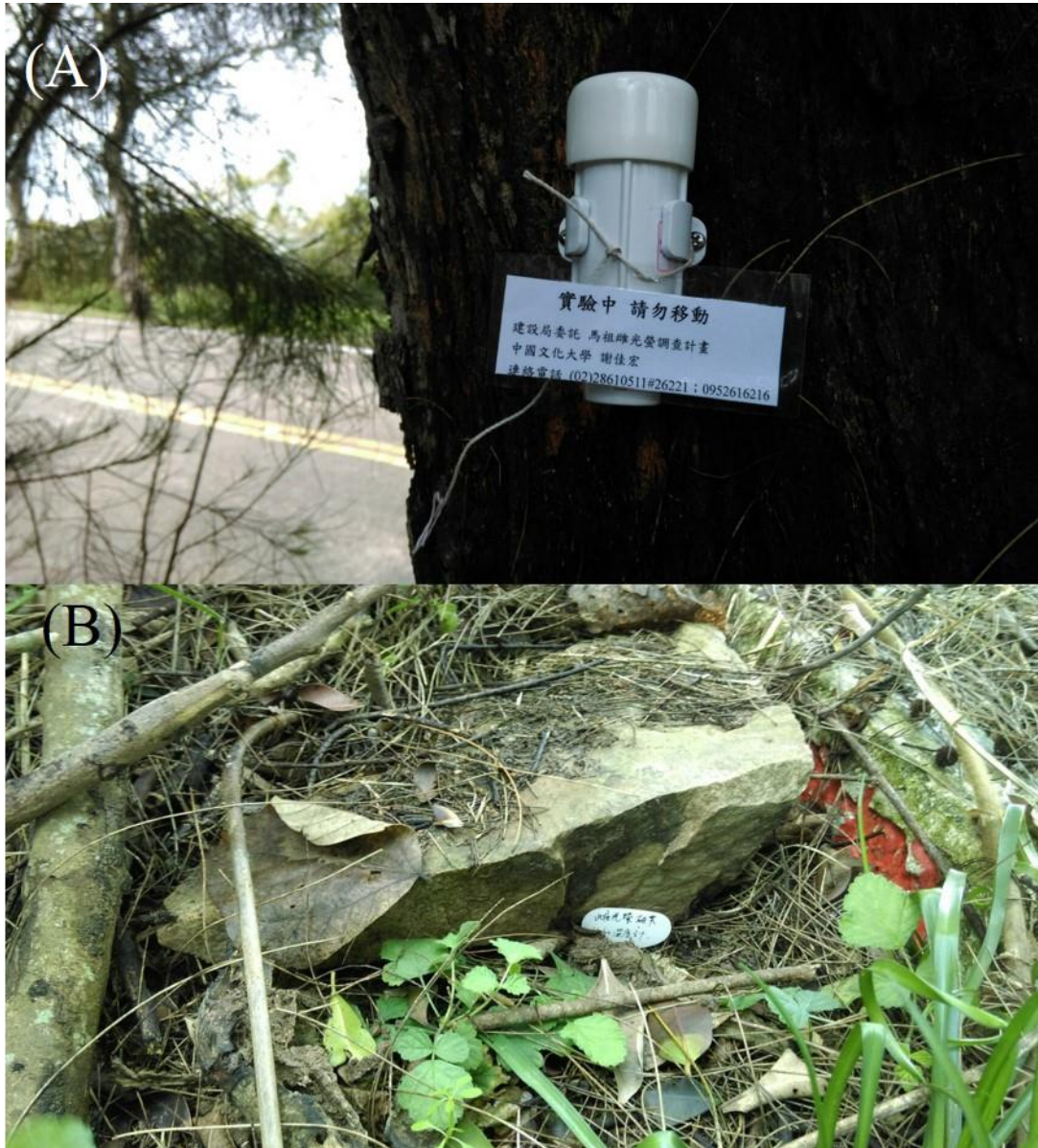
Rb: 北竿雌光螢

RgE: 東莒黃緣雌光螢(東莒)

RgW: 東莒黃緣雌光螢(西莒)



圖一、雌光螢調查。(A)東莒調查路線圖 (B)北竿橋仔水庫 (C)東莒直昇機場(D)西莒有容路 (E) 東莒黃緣雌光螢發光景觀照 (F) 北竿雌光螢交配。



圖二、自動溫度計(HOBO data logger)記錄溫溼度變化。(A)離地面 1.5 公尺位置
(B) 地面位置。



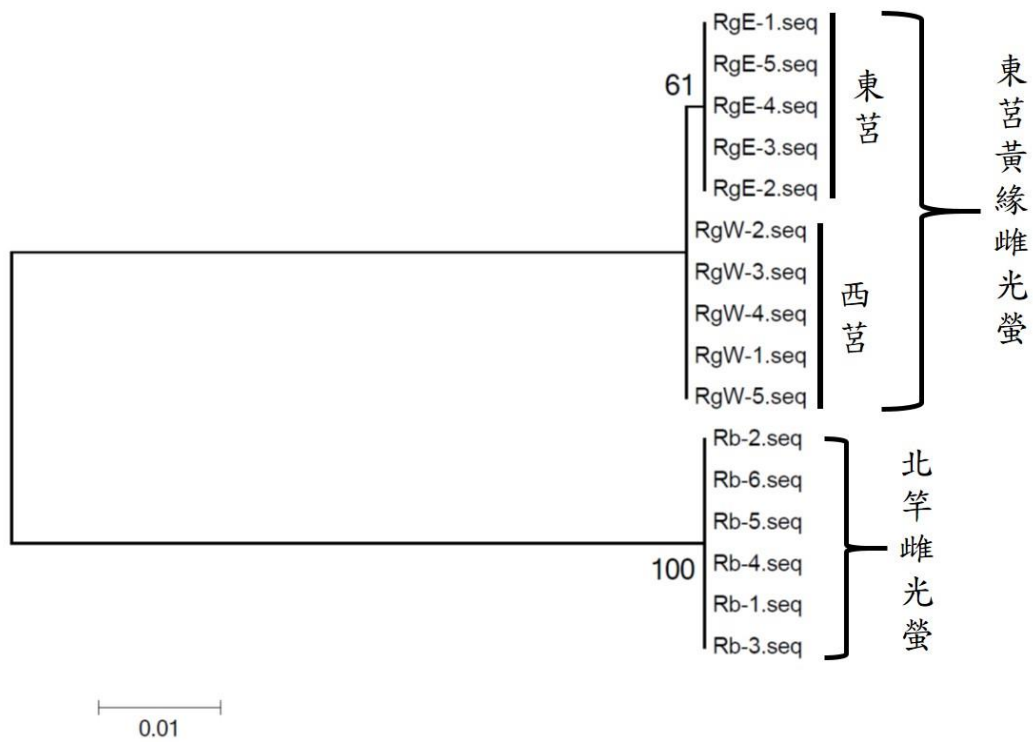
圖三 A、東莒黃緣雌光螢東莒分布圖。



圖三 B、東莒黃緣雌光螢西莒分布圖。



圖四、北竿雌光螢北竿分布圖。



圖五、粒線體 DNA COI 基因利用最大似然性法重建之雌光螢親緣關係樹，分支節點 bootstrap 值表支持程度。



圖六、雌光螢 DNA COI 基因最小關聯網狀圖。



圖七、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會(北竿)。(A)活動海報
 (B)簽到及取用茶點 (C)謝佳宏助理教授簡報 (D)陳秀梅老師發問 (E)北
 竿鄉長提供意見 (F)縣議員提供意見。



圖八、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會(莒光)。(A)簽到與茶點 (B)活動布條 (C)謝佳宏助理教授簡報 (D)賴文啟課長參與討論。



圖九、蛇類宣導活動。(A)活動紅布條 (B)巫奇勳助理教授主講 (C)民眾享用茶點(D)民眾聆聽宣導內容 (E) 兒童參與活動 (F) 賴文啟課長參與。

馬祖地區常見蛇類

毒蛇



汪仁傑 拍攝

雨傘節

Bungarus multicinctus multicinctus

棲地 闊葉林、草地、墾地、湖泊、溝渠

俗名 銀環蛇、手巾蛇

全身由黑白相間的紋路所組成，黑色環紋的面積大於白色環紋的面積。身體剖面略呈三角形，背部中央鱗片明顯較大。性情溫和，具有強烈的神經性毒。



汪仁傑 拍攝

眼鏡蛇

Naja atra

棲地 闊葉林、草地、墾地、溝渠、住家附近

俗名 飯匙倩、膨頸蛇

身體為黑色，身上間雜著一些灰白色的細環紋。頸部後方有較大的灰白色環紋，受到驚擾的時候會豎立身體前段，並將頸部皮褶擴張進行威嚇。攻擊性較強，且具有強烈的毒性。

無毒蛇



汪仁傑 拍攝

臭青公

Elaphe carinata

棲地 闊葉林、草地、墾地、溝渠

俗名 王錦蛇、臭青母

身體為黃褐色或灰褐色，頭部上方至吻端前緣具有較大型的鱗片，鱗片邊緣呈黑色並呈現W字，所以又稱為王錦蛇。身體前中段的鱗片邊緣常呈現白色黑色交雜，攻擊性稍強。



汪仁傑 拍攝

紅斑蛇

Lycodon rufozonatus

棲地 闊葉林、草地、墾地、溝渠、人為建築

俗名 赤鍊蛇、尖尾兩頭蛇

身體為紅色，上有大型的黑橫斑紋。廣泛棲息於各類環境當中，攻擊性不強，但是被捕捉時常排放惡臭的分泌物。



李昱 拍攝

南蛇

Ptyas mucisus

棲地 闊葉林、草地、墾地

俗名 華鼠蛇、華錦蛇

身體為橄欖褐色，身上間雜著一些黑色的斑點，吻部有6-7條明顯的黑色紋路。為大型蛇類，受到驚擾的時候會抬起身體前段，並發出嘶嘶聲威嚇。攻擊性較強。

圖十 A、馬祖常見蛇類宣導海報正面。

馬祖地區常見蛇類

無毒蛇



汪仁傑 拍攝

花浪蛇



Amphiesma stolatum

棲地	闊葉林、草地、墾地、濕地
----	--------------

俗名	草遊蛇、土地公蛇
----	----------

身體為灰褐色，身體前段具有黑色橫斑，身體中段至後段有明顯的兩條黃色縱帶。是個性溫和的蛇類。



周時平 拍攝

草花蛇



Lycodon rufozonatus

棲地	水田、池塘、溝渠、濕地
----	-------------

俗名	水游蛇、魚游蛇
----	---------

身體為淺棕色，上細碎的黑色斑紋，頸部背面有一V字或W字花紋，眼睛下方有黑色斑紋。常在水邊出現，攻擊性稍強。

Q:在戶外如何避免被蛇咬傷?

A:大多數被毒蛇咬傷的案例，是因為在沒有注意到的情況下踩到或是碰到毒蛇才導致咬傷的情形。因此在野外活動的時候，盡量避免穿著沒有包覆腳趾的鞋子，如拖鞋或是涼鞋。若是要進入會看不清楚腳邊的環境行走或是工作的時候，最好是能穿著雨鞋，或是拿根長棍子“打草驚蛇”。絕大多數的蛇類其實在受到驚擾的時候，都會選擇閃避。若是在步道上碰到蛇類盤據，或做出防禦性的威嚇動作，只要以棍子撥弄，牠們也會知難而退。

Q:居家環境如何避免被蛇咬傷?

A:不管是石灰還是雄黃，都無法嚇阻蛇類。住家附近避免蛇類出沒的方式，就是盡量減少蛇類出沒的機會。清理住家環境如柴堆、石堆、草堆等充滿縫隙的環境可以減少蛇類躲藏與逗留的微棲地；另外保持居家清潔，減少老鼠在家裡的情況，也可以有效的不吸引毒蛇在住家附近逗留。

Q:被毒蛇咬傷怎麼辦?

A:被蛇咬傷以後切勿慌張，最好的處理方式就是迅速的到醫院去施打血清。切勿使用止血帶或繃帶勒緊傷口，也不需要切割傷口使毒液排出，保持冷靜，減少肢體活動以降心跳和血液循環並且儘速就醫，較有利於後續的醫治。

發行人：劉增應
策劃：劉德全、劉剛、賴文啟、劉玉琳
撰文：謝佳宏、巫奇勳、李昱
圖片：汪仁傑、周時平、李昱
出版：連江縣政府
補助單位：行政院農委會林務局
委託單位：連江縣政府
執行單位：中國文化大學森林暨自然保育學系
出版日期：中華民國105年10月

圖十 B、馬祖常見蛇類宣導海報正面。



圖十一、雌光螢生態導覽活動(東莒)。(A)活動海報 (B)參加人員取用茶點 (C) 林韋宏講師講解(D)活動紅布條合照。



圖十二、雌光螢生態導覽活動(北竿)。(A)活動海報 (B)參加人員取用茶點 (C)活動紅布條合照 (D)民眾聆聽宣導內容。



圖十三 A、海上的夜明珠-馬祖雌光螢生態簡介摺頁修訂二版正面。



圖十三 B、海上的夜明珠-馬祖雌光螢生態簡介摺頁修訂二版背面



圖十四、雌光螢宣導品套組。



圖十五、雌光螢 L 夾。正面標示兩種雌光螢學名與中文俗名，反面說明雌光螢行為。



圖十六、雌光螢紙膠帶。紙膠帶說明馬祖 2 種雌光螢特徵、命名由來、發光行為、交配與護卵行為。



圖十七、雌光螢開瓶器。馬祖 2 種雌光螢發光與求偶行為開瓶器，並附小卡說明學名、中文俗名、特徵、分布地點與發生期。



圖十八、雌光螢年曆。(A)2017 年曆以東莒雌光螢製作，(B)2018 年曆以北竿雌光螢製作，附上學名、中文俗名與發光行為圖片。

附錄一

連江縣雌光螢歷年資料彙整

謝佳宏¹、何健鎔²

¹ 中國文化大學森林暨自然保育學系

² 特有生物保育研究中心

目 錄

摘要	1
壹、前言	2
貳、馬祖地區雌光螢發現史	4
參、雌光螢分類地位及種類鑑定	5
肆、生活史	7
伍、生態習性	9
陸、生態行為	11
柒、分布概況	13
捌、採集與人工飼養困難	15
玖、保育現況	16
十、參考資料	19
十一、圖表	20

摘要

2007年連江縣東莒國小王建華校長首度發現馬祖具有雌光螢分佈，並帶領當地的教師及學生以雌光螢為主題，參加教育部小學科展。特有生物研究保育中心何健鎔博士根據形態與外生殖器特徵及DNA序列，於2012年發表2種馬祖特有的新種雌光螢，分別為北竿雌光螢(*Rhagophthalmus beigansis* Ho, 2012)及東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralus* Ho, 2012)。北竿雌光螢分佈於北竿島，成蟲於4-5月間出現，夜行性，白天蟄伏於土壤中，日落後才會鑽出土表活動、發光求偶，每日活動時間約為日落後至晚間8點間，約1小時。成蟲僅於晴朗的夜間發光活動及求偶，雨天則不發光活動。交尾後雌蟲會鑽入表土中產卵，具有發光護卵行為。幼蟲陸生性，僅以馬陸為食。幼蟲棲地多為低矮茂密草叢或森林地帶間。東莒黃緣雌光螢分佈於東莒島和西莒島，生態習性與北竿雌光螢相似，但成蟲於2-4月間出現，體型略較北竿雌光螢為大且形態與外部生殖器具明顯差異。東莒黃緣雌光螢棲地主要為五節芒的草生地，幼蟲主要亦以捕食馬陸為食。這2種雌光螢，由於分布侷限，棲地狹窄，數量少，為研究生物地理學上的良好題材，島嶼生物地理學上是相當脆弱的族群。

關鍵詞：螢火蟲、連江縣、北竿鄉、莒光鄉、島嶼生物地理學

壹、前言

馬祖列島西扼中國大陸黃歧縣，東臨西太平洋附屬之東海，隸屬於福建省連江縣，共計有36個大小島嶼，羅佈於台灣海峽西北方及福建省閩江口外。所處經緯度介於東經119°51'至120°31'與北緯25°55'至26°44'之間，主要島嶼中以南竿島面積10.43km²最大，北竿島面積6.44km²次之，東莒島面積2.64km²、西莒島面積2.37km²及東引島面積5.01km²，合計29.6km²。其地形以丘陵地為主，南竿鄉的雲台山及牛角嶺和北竿鄉的芹山與壁山最為險峻。緯度上處亞熱帶氣候區，海洋與陸地氣候交相影響下，形成了海洋型季風氣候。四季分明，各月之平均溫度差異甚大，1月為氣溫最低，最暖月則為8月。平均降雨量約1,060mm，但各月之雨量稀少且極不平均，多集中在梅雨季節及颱風季節，乾溼季明顯，造成枯水期長達半年。此外，季風盛行與交替下，也具經年強風吹襲的氣候現象。冬季時期的猛烈東北季風吹襲，四面臨海無天然障蔽，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，來自台灣海峽的西南季風挾帶著大量水氣，吹襲著溫度相對較低的海面及陸面，導致大量水氣凝集於空氣中，而形成「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，成為福建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。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，主要樹種為銀合歡、樟樹、相思樹、苦楝、木麻黃、黑松及琉球松等。

馬祖列島的林相可分為人工林、原始林及灌木林三大類。人工林類除了上述軍管時期所栽植的常綠喬木外，較大規模人工林主要分布於東引的南澳山、西莒田沃山及西路山、南竿的雲台山及福沃嶺、北竿的板山及壁山與高登島等地區，除了成為良好的景觀外，亦兼具水土保持及提供野生動物棲息的功能。當地原始林相面積相對較小，且較零散。高登島是目前馬祖保存原始林相最完

整之地區，該島由於面積較大且在長期國軍管制及保護下，至今仍保有片狀分布的自然植被。

馬祖地區緯度較台灣為高，小島多，容易造成生物地理上之隔絕，經年海風吹襲不斷，加上降雨時間及地區皆不平均，驅使部分的植物逐漸演化成特有種。於迎風面的植物相多為灌木叢林，大多集中濱海地區，特別是海崖地型；而背風面的植物相則以矮喬木林為主。其他部分地區，亦偶會出現灌木及喬木混雜的林相，然此種混合林之林相仍以較高大的喬木類為優勢族群。當地草本植被的歧異度相當大，主要為馬祖地形多樣性外，受地形、雨量、溫度、迎背風、風速等環境因子之影響而有所差異。

馬祖列島為大陸棚之外圍小島，從島嶼生物學而言，是屬於非常脆弱的生態系，由於當地的道路開發，逐漸影響雌光螢(*Rhagophthalmus* spp.)之生存，因此稍有不慎，這種物種即可能在地球上消失。近年許多當地的民眾，注意到雌光螢有較往年減少的現象。因此，雌光螢的保育或復育工作實是刻不容緩！

貳、馬祖地區雌光螢發現史

根據馬祖當地老年人(65 歲以上)之訪談中得知，各離島間皆有雌光螢之分布，春季雲霧盛行之季節，道路兩旁或是菜園間的地面上可觀察到發光之雌蟲。東莒國小王建華校長於 2007 年帶領當地教師及學生以雌光螢為主題，參加教育部小學科展，研究雌光螢的生態及行為，亦針對在東莒發現之雌光螢形態、生態棲地、交配行為等有詳細描述，而科展也榮獲佳績。科展的研究結果顯示「大場雌光螢(後確認為東莒黃緣雌光螢)雌雄外觀差異大，雌蟲為淺黃蠕蟲，2cm。雄蟲有前後翅，黑色，1cm。幼蟲 0.4cm，吃馬陸為生。雌蟲的求偶行為在天氣相對濕度 90%時，數量最多，尾部翹起發光吸引雄蟲；交尾時，雄蟲在雌蟲上方採『く』字形交尾。交尾後，雌蟲產下 20~30 顆 0.1cm 鵝黃橢圓形卵。雌蟲交尾前後發光方式不同。求偶時只有尾部發光，光點強烈明顯；交配產卵後，全身發環狀光芒，具保護警示作用(王，2007)。由於當時有限的資訊下，利用相關特徵判斷為鄰近西表島的大場雌光螢，已實屬不易。此外，北竿地區塘岐國小陳秀梅老師長期觀察北竿鄉中正公園當地北竿雌光螢之發生，帶領學校師生進行野外觀察，將北竿雌光螢作為環境教育之教材。

2008 年由連江縣委託行政院農業委員會特有生物中心何健鎔組長執行雌光螢計畫，分別在北竿、東莒、西莒等地進行調查。2012 年在國際期刊 Zootaxa 發表 2 種馬祖特有的新種雌光螢，分別為北竿雌光螢(*Rhagophthalmus beigansis* Ho, 2012)及東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralus* Ho, 2012)

近年生態旅遊的觀光風氣興盛，可同時推廣保育觀念及觀光產業使得自然與經濟雙贏，因此連江縣政府在 2016 年針對藍眼淚及兩種雌光螢進行相關監測調查。雌光螢可望成為繼藍眼淚之後，另一個可永續的觀光資源。

叁、雌光螢分類地位及種類鑑定

一、雌光螢分類地位

一般俗稱螢火蟲指的是昆蟲綱(Insecta)，鞘翅目(Coleoptera)，菊虎總科(Cantharoidea)，螢科(Lampyridae)的昆蟲。雌光螢俗稱「凹眼螢」，分類上屬雌光螢科(Rhagophthalmidae)昆蟲，亦有學者認為本科應為螢科下之亞科，而Crowson(1972)年將其移為捕蜈螢科(Phengodidae)下之亞科，但目前多數分類學者仍認為應以雌光螢科處理(Wittmer and Ohba, 1994；李，2005)。

雌光螢屬(*Rhagophthalmus*)由Motschulsky所建立，中國北京所採集*R. scutellatus*為模式種，爾後該屬之物種相繼被發現及定名(Olivier, 1911b；Pic, 1916, 1917, 1925；Wittmer and Ohba, 1994；Wittmer, 1997)。根據Fairmaire (1886)、Olivier (1911c)、McDermot (1966)、Wittmer and Ohba (1994)、Wittmer (1997)、Kawashima and Sato (2001)、Kawashima and Sugaya (2003)、李(2005)及Li *et al.* (2008)等多篇研究報告，顯示全球目前約33種，主要分布於東亞及南亞地區(表一)。

台灣目前螢火蟲共計63種，分屬於2科14屬，其中螢科成員佔60種，而雌光螢科僅佔3種，分別為賴氏雌光螢(*R. jenniferae*)、大場雌光螢(*R. ohbai*)與蓬萊雌光螢(*R. formosanus*)(永澤，1903；牧茂，1927；Miwa, 1931；Nakane, 1967a, 1967b, 1977；陳與何，1996；賴等，1998；Jeng *et al.*, 1998a, 1998b, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003a, 2003b)。雌光螢採集難度較高，目前已知分類群的種類數明顯較螢科的螢火蟲少。

二、形態鑑定

雌光螢種類鑑定採用成蟲外部形態及雄蟲外生殖器形態。雄蟲以棕黑色為主，胸部負面為橘色至橘黃色，頭部扁平，不隱藏於前胸背板，從背部觀察，其腹部末端外露於翅鞘(圖一A、B、C、D)，複眼大，後緣凹陷，可分為上下兩

部分(圖二A、B、D、E)，觸角短共12節(圖三A、B)。北竿雌光螢及東莒黃緣雌光螢的雄性外部形態具有明顯的差異，其中較大的變異在於翅鞘表面。雌蟲的外部型態鑑種則可從頭部特徵來區別。兩種雌蟲在觸角與小顎鬚節數，及下唇鬚形狀上與大場雌光螢有所差異(表二)。

北竿雌光螢(*R. beigansis*)，雄蟲全身以棕黑色至黑色為主，觸角 12 節，長 1.68mm(範圍：1.37-1.68)(圖三 A)；圓柱形。雄蟲之翅鞘中央部分表面粗糙，然而無明顯而分離的刻點，翅鞘之外緣凹陷，且凹陷之處的表面覆有稀疏的細毛(圖一 B)，北竿雌光螢之外生殖器為長 0.95mm，北竿雌光螢外生殖器中葉外觀粗短，末端粗鈍，長度明顯較側葉短(圖四 A、B)。雌蟲似幼蟲(幼態持續)(圖五 B)，頭部包含複眼、觸角、大顎、小顎鬚及下唇鬚等特徵。觸角 5 節，下唇鬚 3 節，小顎鬚 4 節，下唇鬚整體形狀粗短(圖六 A、B)

東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralis*)，雄蟲全身以棕黑色為主，頭部及胸部光滑，觸角 12 節，長 1.77mm。背部於翅鞘中央部分具有些許淡黃細毛，且翅鞘外緣部分凹陷的程度及面積皆較北竿地區之雌光螢明顯。黃緣雌光螢外生殖器之外觀較為狹長，長度約 0.90 mm。外生殖器中葉狹長，末端尖細，長度僅約略短於中側葉。雌蟲似幼蟲(幼態持續)(圖五 A)，頭部包含複眼、觸角、大顎、小顎鬚及下唇鬚等特徵。黃緣雌光螢觸角 8 節，下唇鬚 3 節，小顎鬚 5 節，下唇鬚整體形狀細長(圖六 C、D)。

三、分子鑑定

馬祖地區之北竿雌光螢與東莒黃緣雌光螢，臺灣產雌光螢(*Rhagophthalmus* spp.)、日本西表島之大場雌光螢(*R. ohbai*) 及大陸地區之祿豐雌光螢(*R. lufengensis*) 等樣本，根據粒線體COI基因序列來重建親緣關係樹，顯示北竿雌光螢與東莒黃緣雌光螢分屬不同單系群(圖七)，可明確歸為為不同種。東莒島與西莒島分布之雌光螢樣本，粒線體COI及16S序列皆僅有1%之差異，莒光鄉所分佈之雌光螢皆為同一種東莒黃緣雌光螢。

肆、生活史

一、北竿雌光螢

平均每隻雌蟲產下 80.27 ± 38.4 粒卵，孵化率達 9 成，卵期一個月左右。卵為橢圓形，長徑為 0.8-1.2 mm，短徑為 0.7-1.0 mm，有部分卵形近似於圓形(圖八 A)。卵之表面光滑無突起及稜線。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。

幼蟲呈蠕蟲形，形態分類上屬寡肢型幼蟲(oligopod larvae)(圖八 B)。初齡幼蟲體色為半透明米白色，至終齡以後，蟲體頭部及前胸背板前緣部分仍為米白色，前胸背板其餘的部分，以及其他胸節、腹節背板均轉為深褐色或黑色。幼蟲大顎發達，為咀嚼式口器，專以馬陸為食。單眼(ocellus)黑色。觸角第 11 節鞭節(flagellar)具有透鏡狀之感覺器(sense organ)。胸部具有 3 對步行足，中胸及後胸背板分別具有 3 枚橫向排列之發光點。腹部 10 節，其中 1-8 節每節之背板皆具有 3 枚橫向排列之發光點，第 9 腹節背板僅 2 枚發光點，可發出持續的螢光，其發光之情形如圖九。

終齡幼蟲至轉變至蛹期的過程中具短暫之前蛹狀態，進入前蛹狀態後的雌光螢即不再取食，同時幾乎不移動(圖八 C)。進入蛹期後身體轉為深咖啡色，且頭部及前胸原本呈米白色之部分亦轉為褐色，同時身軀蜷曲約略呈 C 字型，此時蟲體移動力弱，但相較於前蛹時期，反而展現出稍強的移動力(圖八 D)。

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。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(*Rhagophthalmus sumatrensis* Olivier)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，無異色邊。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, neoteny)，身體呈蠕蟲形，體長約 20 mm，體色為淡黃色。雌蟲不具翅膀，中胸背板具 3 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(圖十)，第 7 腹節腹面有 1 個大型發光器。求偶時位於第 7 腹節腹面大型發光器可持續發光(圖十一)吸引雄蟲。與雄蟲交配過後鑽入土中，產下數窩卵直至死亡，完成其生活史。

二、東莒雌光螢

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。孵化之幼蟲呈米白色，略呈半透明，腹節計有 9 節。成長至中齡幼蟲後體軀顏色逐漸轉為深褐色，唯蟲體頭部及前胸背板前緣部分呈米白色，此特徵與北竿雌光螢幼蟲類似。單眼呈黑色。

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。雌蟲之生活史類似北竿雌光螢。

伍、生態習性

一、棲地偏好

棲地地表植被多為低矮而稀疏之草叢，其間可能夾雜少許林木，然而於林木過於茂密之處則未發現雌光螢之出沒，但東莒雌光螢亦偶見於林木或較高大的草本植物(如五節芒)底層。棲地土層中的小型無脊椎動物除了雌光螢及蝸牛、馬陸一類的生物外，常見的尚有蚯蚓、蜈蚣、白蟻、螞蟥、蠼蠋、蠹蟲、叩頭蟲、隱翅蟲、鼠婦及螺類等環節動物、節肢動物及軟體動物。

二、棲地因子

土壤採樣及分析，北竿雌光螢幼蟲出現棲地分析適宜棲存之土壤特性，增進對雌光螢棲地生態之瞭解，包括土壤成分、溼度、酸鹼度、鹼金、鹼土族離子如鈉、鉀、鎂、鈣等離子之含量，以瞭解土壤中鹽分的含量及種類。分析項目包含質地分析、粒徑分析、含水量、含灰分量、含石量、保水力、最大含水量、有機質含量、酸鹼值及交換性鹼土族金屬含量等，分析方法包含比重計法(粒徑及成分分析)、NIEA S410.61C 電極測定法(酸鹼值及質地分析)、銨離子交換樹脂法(離子分析)、重鉻酸鉀氧化法(有機質含量分析)等。

北竿地區發現雌光螢數量相對較高的中正公園及北高醫院等處，其土壤相(Solid-phase)均為砂質壤土，粒徑以0.149-0.590 mm間之粒子的相對含量較高(表三)，砂礫質的含量皆於74%以上，且其含石量均較其他採樣點為低(47%以下)(表四)，顯示土壤之性質亦可能影響雌光螢之生存及分布。然而，各處具雌光螢發現記錄之採樣點，其諸多土壤成分分析之結果均差異甚大，因此就土壤成份而言，影響雌光螢分布之確切因子，尚待進一步分析與研究。雌光螢各棲地所採樣土壤之酸鹼值介於4.37-7.7，於五處採樣點中，有四處之土壤呈現酸性(表四)，推測雌光螢主要棲存於偏酸性之土壤，但亦可棲存於弱鹼性之環境中。

三、氣象資料之收集

氣象因子對北竿地區雌光螢的發生與出沒之影響，記錄每日相關之氣象因子，包含天氣、雨量、溫度、溼度等。氣象因子之收集，結合源自中央氣象局之原始資料，及自動環境因子監測系統記錄棲地間環境因子之變化。監測系統記錄的氣象因子包含氣溫、土表溫度、相對溼度及光照等，結果顯示目前僅可推測出氣溫偏低時雌光螢雌蟲發光情形會有往後遞延的現象(表五)。

陸、生態行為

一、求偶發生期

北竿雌光螢的發生期為4-5月，如受節氣延後的原因影響，成蟲發生期會約略為遲，發生期亦較稍短。東莒黃緣雌光螢成蟲的發生期為2-4月，略較北竿雌光螢為早，雌蟲於傍晚及夜間在低矮草叢間發現發光求偶。

二、發光行為

接近傍晚時分未至完全天暗時，雌光螢雌蟲即陸續開始舉尾發光。雌蟲選擇相對開闊的位置發光，如裸露的石塊上方、土坡上緣或是枝葉頂端等，較易被雄蟲發現；部分雌蟲會躲藏在枝叢間發光；少部分個體會將身體前半部埋覆於土中，僅露出尾端發光。當棲息環境具有強烈光源存在時，雌蟲舉尾發光之方向會面向光源處。

雌蟲於發光之前，先於土表爬行一小段距離，爬行時各節背板上之小型發光器均不發光，然偶爾可見腹部末端腹面大型發光器持續發光之情形。雌蟲爬行一段時間後，將尾部緩緩舉起約與地面呈90°，露出其大型發光器(圖十一)並持續發光。求偶行為結束時，將尾部緩緩放下，此時大型發光器仍舊發出持續螢光，未因求偶行為終止而立即結束其發光。結束求偶行為之後，持續於土表爬行一段時間，方才停止發光行為。

三、護卵行為

雌蟲會將卵粒集中，並以身軀環繞卵粒，此為其「護卵現象」之表現。雌蟲於表現護卵行為的同時，胸部、腹部背板上的發光器均會發出持續的螢光以外，而腹節末端腹面的大型發光器亦可發出持續的螢光(圖十二)。雌蟲環繞卵堆同時發光之行為表現可能具有警戒之功能，亦具有護卵之意義。

護卵期間，雌光螢成蟲若遭受驚擾，會由尾部釋出深褐色之防禦物質，該

物質具有強烈異味，初步推測可能具有驅散天敵之功效，防禦行為可能亦是護卵行為之延伸表現。然而，護卵行為並非僅保護同一批卵直至卵孵化。雌蟲採分批產卵，產完一窩後，原處抱卵一段時間後，隨即移動至別處再產下一批卵，重覆相同行為至個體死亡。

四、幼蟲捕食

馬祖的雌光螢幼蟲陸生性，僅捕食特定馬陸(*Helicortomorpha holstii*、*Anaulaciulus* sp.及Polydesmida (條馬陸目)之成員)(圖十三)，尚未發現有捕食其它軟體動物及節肢動物等。幼蟲首先以大顎攻擊馬陸的附肢，馬陸被重覆攻擊後癱瘓，並以大顎剪下馬陸頭部，頭部即伸入馬陸的第一體節內，分泌消化液將體節內的肉分解，吸食肉液殆盡，使其體節空洞化，再以大顎將空洞的體節剪下，現場留下1-2節空洞的體節，再將頭部伸入後面有肉的體節取食，如「切香腸式」的捕食方式(圖十四)。剛被捕食的馬陸會進行掙扎，少數缺附肢者仍會行走，但多數個體最終死亡。幼蟲可在1-2天內將馬陸取食完畢，但多數幼蟲取食到馬陸的第8體節後，有棄食的現象，初步判定可能為馬陸的毒腺影響幼蟲的取食意願，或是取食的時間過長影響食物新鮮度所造成。

柒、分布概況

一、調查方法：

雌光螢的觀察及捕捉，利用夜間目視及白天翻找石塊等方式調查，尤其著重在夜間雌蟲發光的調查。雄蟲不發光或僅發微弱螢光，因此雄蟲的採集多為被雌蟲吸引的個體。日間調查則以翻開遮蔽物的方式尋找藏於土壤淺層的幼蟲。

二、北竿雌光螢分布概況

北竿鄉的橋仔聚落、環北公路白馬尊王廟、壁山觀景台、芹山步道、莒光堡、中正公園、戰爭和平紀念公園、大沃山、北高醫院下坡、中興公園、坂里水庫及尼姑山等地均有分布紀錄(圖十五、圖十八)。各年度(2009年、2010年及2016年)調查結果，顯示北竿雌光螢雌蟲發光季節從四月開始(表六)，五月則逐漸減少，六月已無發光個體。許多調查樣區近道路邊光害嚴重，但仍可見4隻左右於路邊土坡發光，如有環境較為昏暗的核心區域，則大部分雌光螢皆在此處活動。2016年塘岐國小陳秀梅老師的調查，壁山附近的雌光螢數量最多。整體而言，北竿之棲地多為低矮而稀疏之草叢，其間散落大小石塊，並偶而夾雜少許林木。雌光螢成蟲多在裸露區塊活動，偶有在枝叢間發現個體。

三、東莒黃緣雌光螢分布概況

東莒島懷古亭、氣壯山河、大埔聚落、呂何崖、銅像公園、福政水庫、東莒發電廠、魚路古道、東莒警察局、猛虎堡、中央道路、大坪新農田等地均有分布紀錄(圖十六、圖十九)。各年度(2007年、2010年及2016年)調查結果，顯示東莒黃緣雌光螢雌蟲發光季節從三月開始(表七)，至五月時則逐漸減少。雌光螢多於枝葉叢間活動，裸露區塊較不易發現雌光螢個體。

西莒島在早期未曾有正式調查紀錄，但經當地居民指出，曾在敬恆中小學

及天后宮有發現(圖十七)。2011年時於西莒島敬恆中小學、天后宮、西莒警局等地均有發現紀錄(表七)。西莒島之調查，發光個體數量高峰與東莒相似為四月。棲地類似東莒島，大部分個體活躍於枝葉叢間，而敬恆中小學土坡另一面向下延伸之區域，具有裸露岩塊，亦可發現雌光螢的蹤跡。

四、馬祖列島之其他島嶼

南竿鄉為馬祖地區腹最廣之島嶼，截至目前僅有台灣窗螢的記錄，詢問當地居民發現，過去曾發現有螢火蟲的蹤跡，但近年來則鮮少看到。近年選定光害及開發較少的地點如沙津公園及步道等地，及過去曾有紀錄的北海坑道進行調查，皆無斬獲。詢問東引鄉當地居民，皆未曾有發現螢火蟲之紀錄。近年選定以未有光害的道路兩旁進行光點搜尋，亦未尋獲任何雌光螢個體。

捌、採集與人工飼養困難

雌光螢種類鑑定主要以雄蟲關鍵特徵為鑑定依據，但絕大多數種類的雄蟲不發光，或僅發出極微弱的螢光，野外尋找不易，而目前已知雄性活動時間僅在入夜後半小時內。幼蟲的採集也有一定的難度，白天躲藏在土壤或遮蔽物下，夜晚才會到地表活動捕食，因此目前以白天翻找遮蔽物的方式找尋為主。

生活史及行為特性的觀察，必須建立人工飼養的流程。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，黴菌或其他病原微生物的存在，皆可能影響幼蟲的存活。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，剛孵化之 1 齡幼蟲在爬行過程中，容易受水珠沾黏而無法活動導致死亡。完整生活史資訊仍須待未來各階段之飼養完成後才可得知。

玖、保育現況

一、面臨危機

根據 2009-2011 年三年之觀察，雌光螢在族群量上有明顯之下滑(圖二十)。北竿雌光螢為例，中正公園近道路邊棲地，2009-2010 年可觀察到數量超過 20 隻以上之族群，2011 年卻僅觀察到 5 隻個體；橋仔 2009 年可觀察到超過 50 隻，2010 年仍有 30 多隻，2011 年則觀察到 21 隻。北竿鄉兩主要棲地之族群皆呈現逐年遞減的趨勢，且 2016 年的調查資料顯示此兩地的族群數量並未回升，顯是雌光螢之族群生存可能遭受威脅。以下針對人為、物種特性及自然因素等影響來探討可能之原因。

(1)人為干擾：儘管馬祖地區人為開發的程度不似臺灣地區高，相對的污染程度亦較臺灣地區輕微，然而許多人為活動及設施亦會造成螢火蟲生存上的壓力，例如道路開發可能產生的生態問題如棲地損失、棲地劣化、棲地隔絕、水泥化路面等影響。雌光螢雌蟲藉發光吸引雄蟲，且其求偶、交尾時的溝通亦需要以此為訊號，因此環境中若存在過多的人工光源，將導致螢火蟲的求偶過程到受干擾，對其子代數量造成關鍵性的影響。

(2)物種特性限制：雌光螢成蟲為雌雄二型性 (sexual dimorphism)，兩性間形態有截然不同的特徵，雌蟲具幼態持續現象(larvae form, neoteny)，翅退化且貌似幼蟲。一般在族群擴散上，具備生殖功能的雌性占有重要的地位，翅退化明顯限制其移動能力，在充滿變動因素的島嶼生態系中，更突顯其反應環境變動能力可能不足。

(3)自然因素：島嶼生態系由於侷限性與不穩定性等環境特性使然，導致物種在此生存比大陸上更為艱險。島嶼面積小，天然災害如強風暴雨及颱風過境等，有著長期且持續性的影響，因島嶼為海洋所隔絕，生物不容易遷徙他處避難。

二、保育建議

雌光螢族群受天候變異影響在所難免，屬於不可抗力之因素，而物種先天特性的限制，亦無法改變，若人為干擾一併影響，對於雌光螢之族群延續有重大的隱憂，提供可行之復育及保育建議茲介紹如下：

(1)原地保育(In-situ conservation)。原地保育是野生動物保育的最佳選擇，其優點來自於將復育的族群保持在其發展出其特質的環境中，確保他們對環境的適應與演化過程能持續進行。由於螢火蟲對所棲息的環境品質要求很高，對環境變化非常敏感，因此可謂重要的環境指標生物。透過設置保護區來維護其棲地可達到原地保育之目的，藉由標的物種的保育，一併保護其周遭的動植物甚至整個生態系。設置保護區時必須先決定面積大小，此範圍會依照欲保育物種之特性而異。雌光螢雌蟲翅退化，活動性低，雄蟲定以雌蟲附近為活動範圍。此外，以橋仔之北竿雌光螢棲地為例，馬陸為幼蟲主要食餌，卻在成蟲活動區域外圍有較高的族群量，顯示幼蟲棲息環境與成蟲活動區塊可能僅有部分重疊，因此在劃分保護區時，需將整個生活史有關之環境納入考量，以使此範圍足以使完整保育該物種。此外保育觀念之宣導也極為重要，未來雌光螢可能成為馬祖在地的觀光資源，勢必帶入人潮，因此需向民眾與遊客宣導維護雌光螢及其棲地之觀念。

(2)環境維護同步措施。道路建造前後易造成野外生物棲地破碎化及生物干擾，居民活動區域架設確保用路安全的照明燈具等影響。雌光螢棲地與道路部分重疊易受光害干擾，建議燈具加裝遮光罩，將光源集中於道路上，避免照射至兩旁棲地。移除不必要之光源設施或降低密度，亦可減少資源浪費，路燈高度減縮亦可降低干擾範圍，燈具光源以紅色光系之波長尤佳，減少螢火蟲活動干擾。此外，雌光螢雄成蟲活動時間經調查顯示至晚上 7:30 左右，而雌蟲則可活動至 8:30，實際可交配時段為半小時至一小時，可階段性針對主要雌光螢棲地附近進行燈火管制，管制時間為入夜後至晚上 9:00，以確保雌、雄個體相遇的交配時機。搭配原地保育的施行，使物種在其原棲地內持續繁衍，同時也保存棲地內其他物種，是大多物種最適合的保育方式。

(3)移地保育(Ex-situ conservation)。移地保育是將瀕危的動植物在其非自然分布的棲地內進行保育，主要是作為原地保育無法進行時的應急措施或者輔助手段。然而，無法完整複製其原棲地，包括雌光螢原有的基因多樣性及其伴生物種，這是一個物種持續演化及適應上所必需。移地保育將物種隔絕於其自然棲地之外，使自然的演化及適應過程被中斷或改變。因此，當再引回到原棲息地時，可能會有無法生存的風險。

通常移地保育之進行方式有兩種，第一種是將物種遷移到較不受威脅且具有相似棲息環境的野外地區，此為物種存活率最高的方法。第二種是圈養法，最常用的方法是在研究單位或動物園中進行移地保育，即將需保育物種的族群移居，於人工環境下飼養繁殖，以待適當時機再次引入野外。

目前雌光螢飼養技術尚在嘗試階段，原棲地與人工飼育環境之間存在微氣候、土壤及共生物上之不同，有待進一步建立飼養方法及流程，現階段不適用此方案。再者移地保育通常花費較高，物種長期與非原棲地隔絕，對於疾病沒有自然抵抗力。這些部分加以某些特殊環境需求，這是人類無法創造出來的，也使得對於一些瀕危生物完全無法進行移地保育。

十、參考資料

王皓、林岳陞、陳鉅承、周思萍。2007。打著燈籠等情人—大場雌光螢。連江

縣東莒國小科學展覽。

何健鎔。2009。98 年度馬祖地區雌光螢生態棲地調查及鑑定書。連江縣政府

委託報告。

何健鎔。2011。99 年度馬祖地區雌光螢生態棲地調查及鑑定書。連江縣政府

委託報告。

Ho JR, Chen YF, Cheng SH, Tsai XL, Yang PS. (2012) Two new species of

Rhagophthalmus Motschulsky (Coleoptera: Rhagophthalmidae) from Matsu

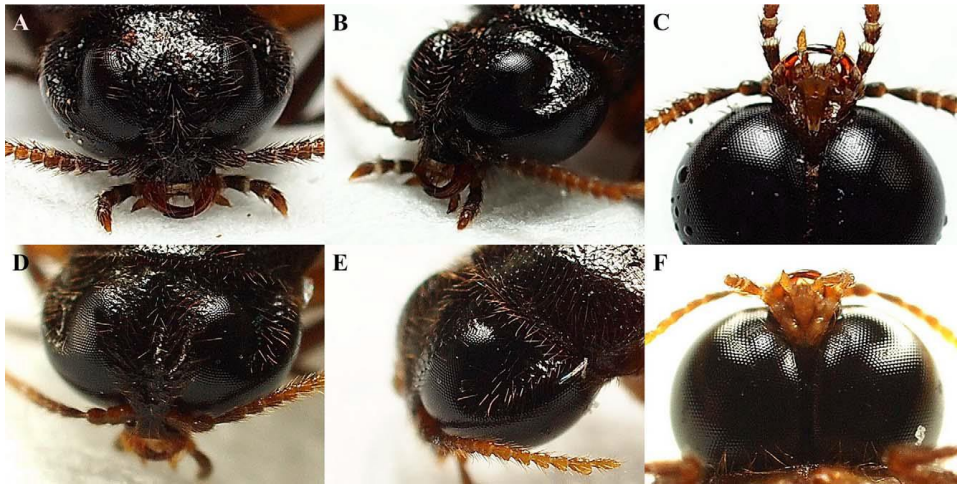
Archipelago, Taiwan with biological commentary. Zootaxa 3274: 1-13.

十一、圖表



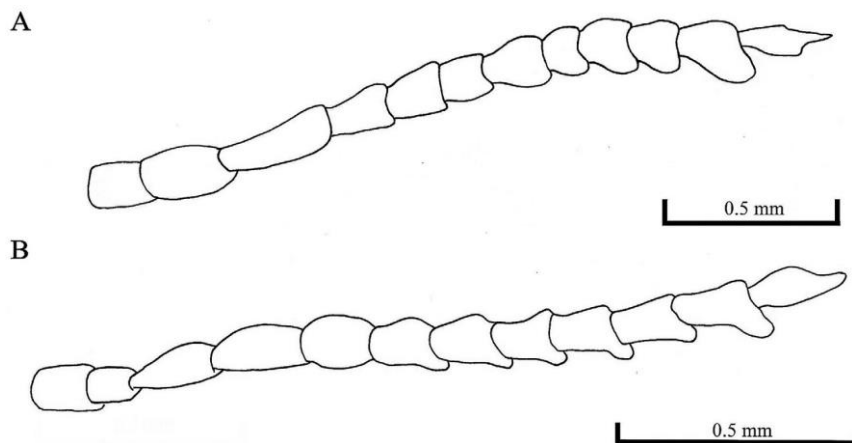
圖一、北竿雌光螢及東莒雌光螢雄蟲外部形態之比較。

A：北竿雌光螢腹面觀；B：北竿雌光螢背面觀；C：東莒黃緣雌光螢腹面觀；
D：東莒黃緣雌光螢背面觀。



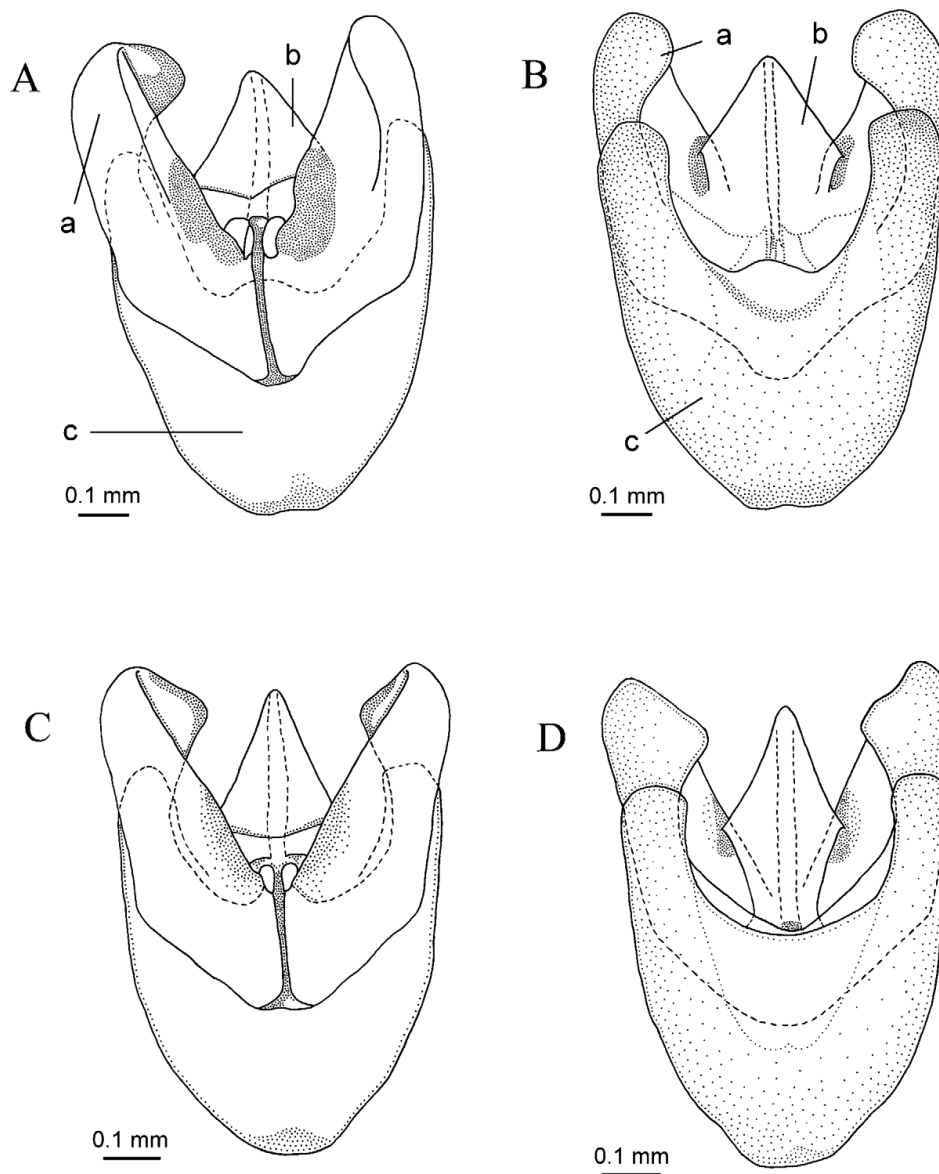
圖二、北竿雌光螢與東莒黃緣雌光螢雄蟲頭部之比較。

A：北竿雌光螢背部正面觀。B：北竿雌光螢側面觀。C：北竿雌光螢腹面觀。
D：東莒黃緣雌光螢背部正面觀。E：東莒黃緣雌光螢側面觀。F：東莒黃緣雌光螢腹面觀。



圖三、北竿雌光螢與東莒黃緣雌光螢雄蟲觸角之比較。

A：北竿雌光螢雄蟲觸角。B：東莒黃緣雌光螢雄蟲觸角。



圖四、北竿雌光螢及東莒黃緣雌光螢外生殖器(a：抱器；b：中葉；c：基片)。
A：北竿雌光螢生殖器背面觀； B：北竿雌光螢生殖器腹面觀； C：東莒黃緣雌
光螢生殖器背面觀； D：東莒黃緣雌光螢生殖器腹面觀。

A

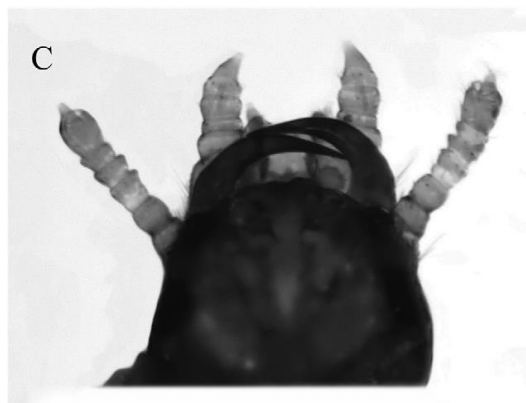
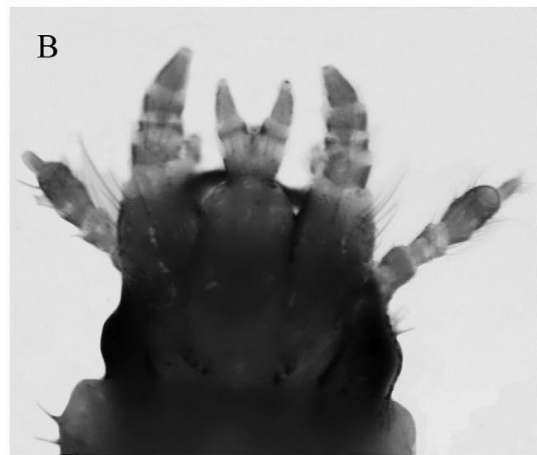


B



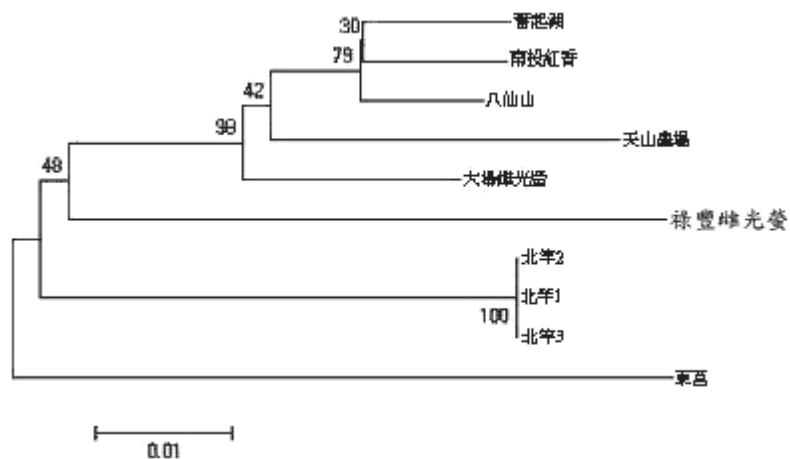
圖五、北竿雌光螢及東莒雌光螢雌蟲外部形態之比較。

A：東莒黃緣雌光螢；B：北竿雌光螢。



圖六、北竿雌光螢及東莒雌光螢雌蟲頭部形態之比較。

A：北竿雌光螢頭部背面觀。B：北竿雌光螢頭部腹面觀。C：東莒黃緣雌光螢頭部背面觀。D：東莒黃緣雌光螢頭部腹面觀。



圖七、以 COI 基因序列建立之各種雌光螢親緣關係圖。

於 Mega4 軟體中以 distance matrix method 及不連續特徵方法之 maximum parsimony methods，並以 bootstrap consensus tree 建立系統發生樹。(bootstrap = 1,000)

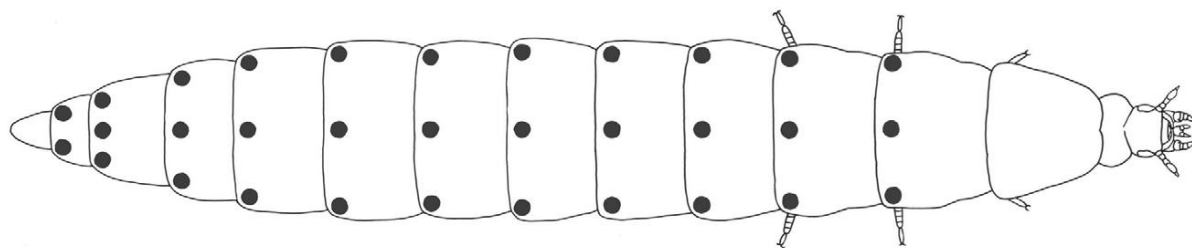


圖八、北竿地區雌光螢各生長期之外部形態。

A：卵。B：幼蟲。C：前蛹期。D：蛹。



圖九、北竿雌光螢幼蟲各節背板發光之情形。



圖十、雌光螢雌蟲背部發光點示意圖。

黑點為發光點位置。



圖十一、北竿雌光螢的求偶發光。

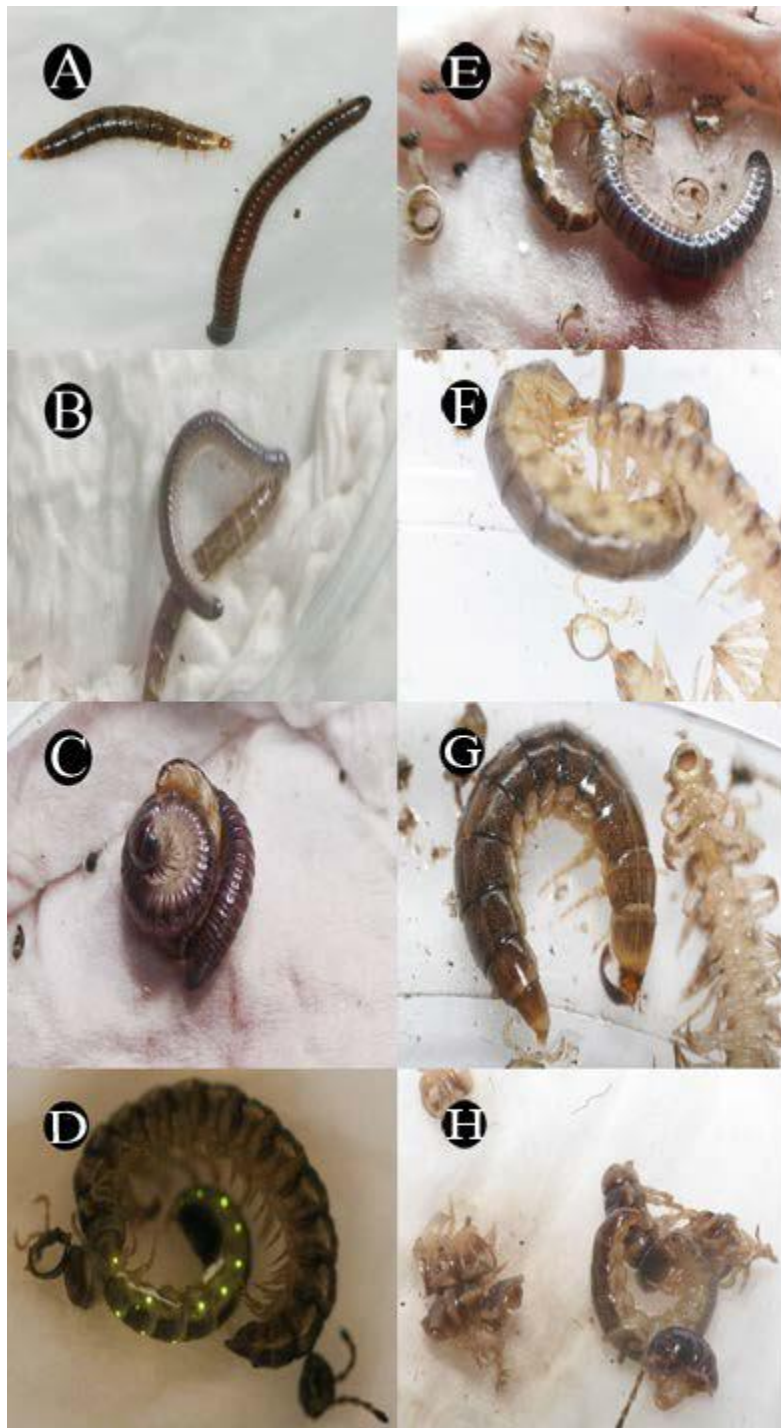


圖十二、北竿雌光螢的護卵發光。



圖十三、馬祖地區常見之三種馬陸。

此三種馬陸皆為土棲性，為北竿地區雌光螢幼蟲主要的食餌。經由匈牙利自然史博物館協助鑑定之結果，A 為 *Helicortomorpha holstii*；B 為 *Anaulaciulus* sp.；C 為 *Polydesmida* (條馬陸目) 之成員。



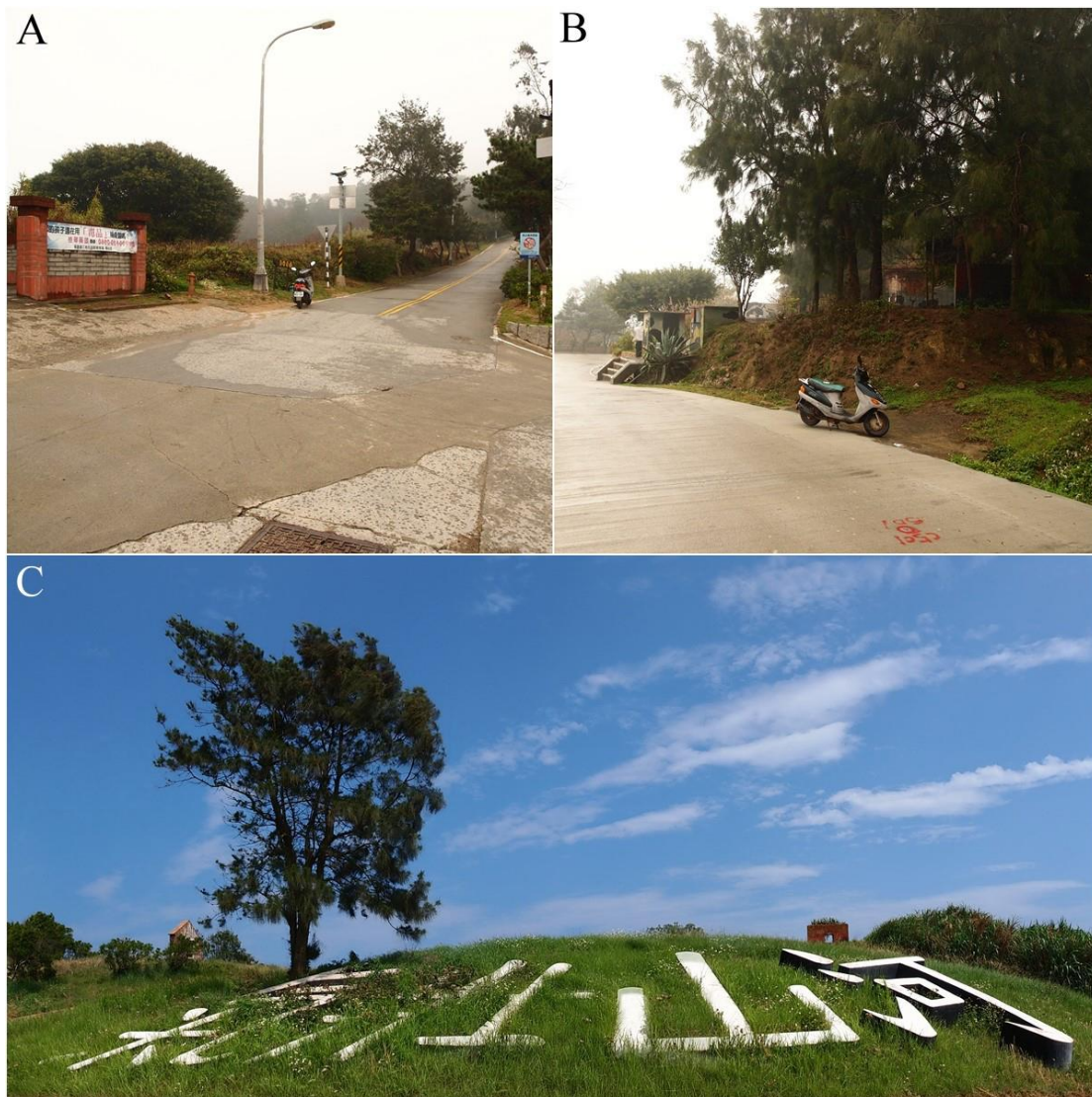
圖十四、雌光螢幼蟲於取食行為。

A：雌光螢幼蟲遭遇馬陸；B：幼蟲攻擊馬陸之頭部；C：幼蟲攻擊馬陸之過程中，伴有馬陸的蜷曲反應及幼蟲纏繞行為發生；D：幼蟲捕獲馬陸後，自獵物頭部開始進食，進食時偶爾可見幼蟲發光之情形；E：幼蟲取食馬陸時，具有「分節進食」之情形；F：幼蟲於剪裁馬陸之體節時，會以腹部纏繞馬陸身軀，以協助將體節分離；G：取食間偶爾可見休息或搜尋之行為；H：雌光螢取食剩餘之體節，其整段進食過程可達數小時至數日之間。



圖十五、北竿地區各採樣點之棲地型態。

A：中正公園靠近路邊。B：中正公園露營區。C：環北公路白馬尊王廟(橋仔)。D：環北公路白馬尊王廟(橋仔)。E：北高醫院下坡。F：壁山路旁。



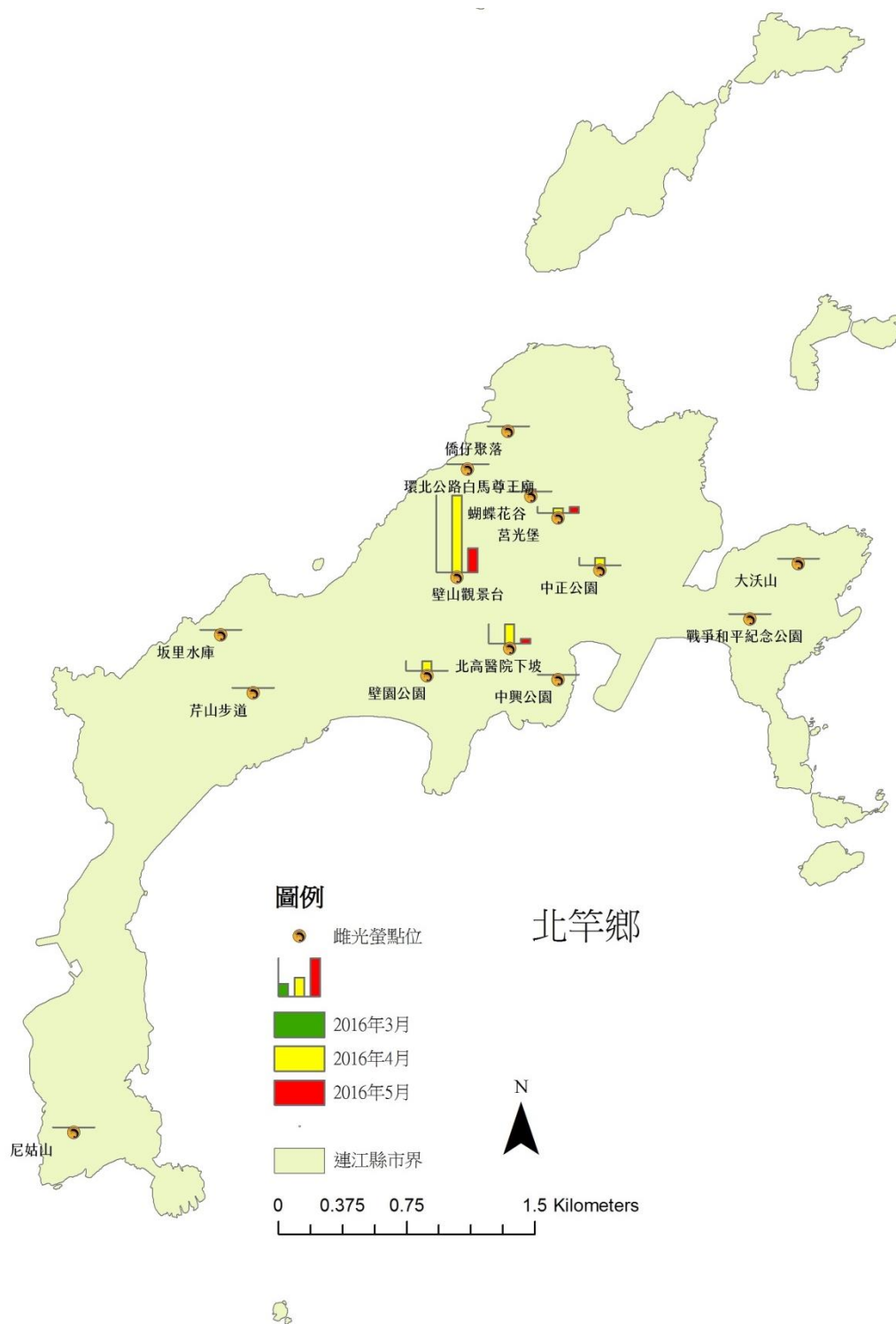
圖十六、東莒地區雌光螢之棲地型態。

A：警察局兩側路邊。B：猛虎堡正前方馬路。C：氣壯山河。

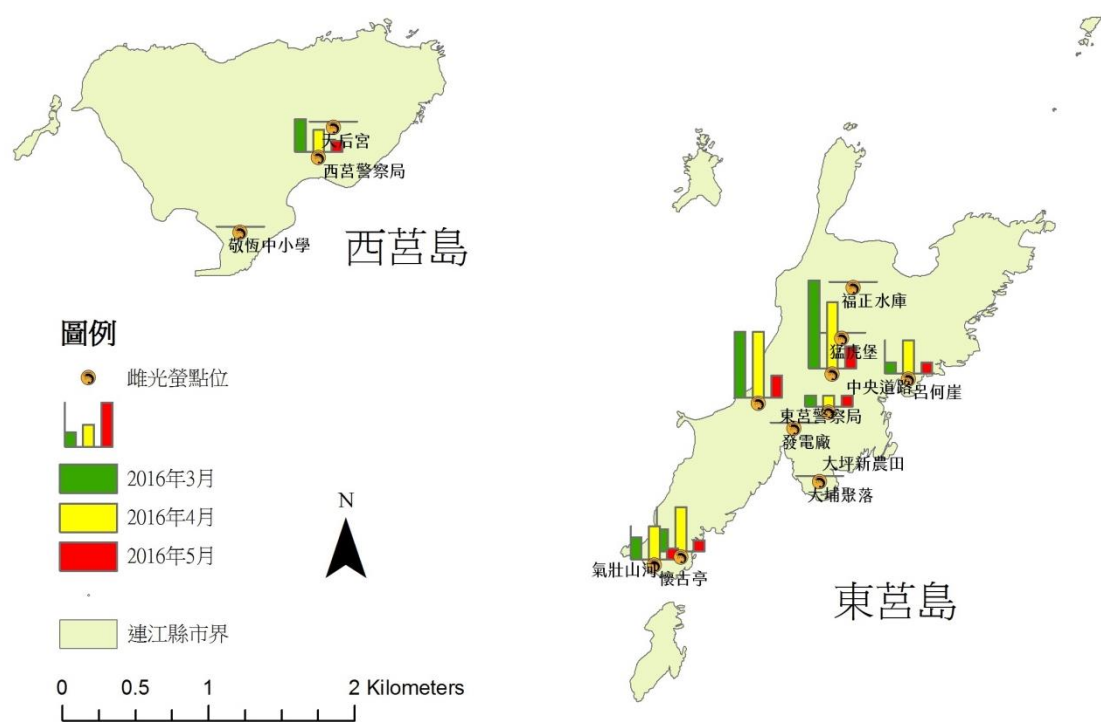


圖十七、西莒地區雌光螢之棲地型態。

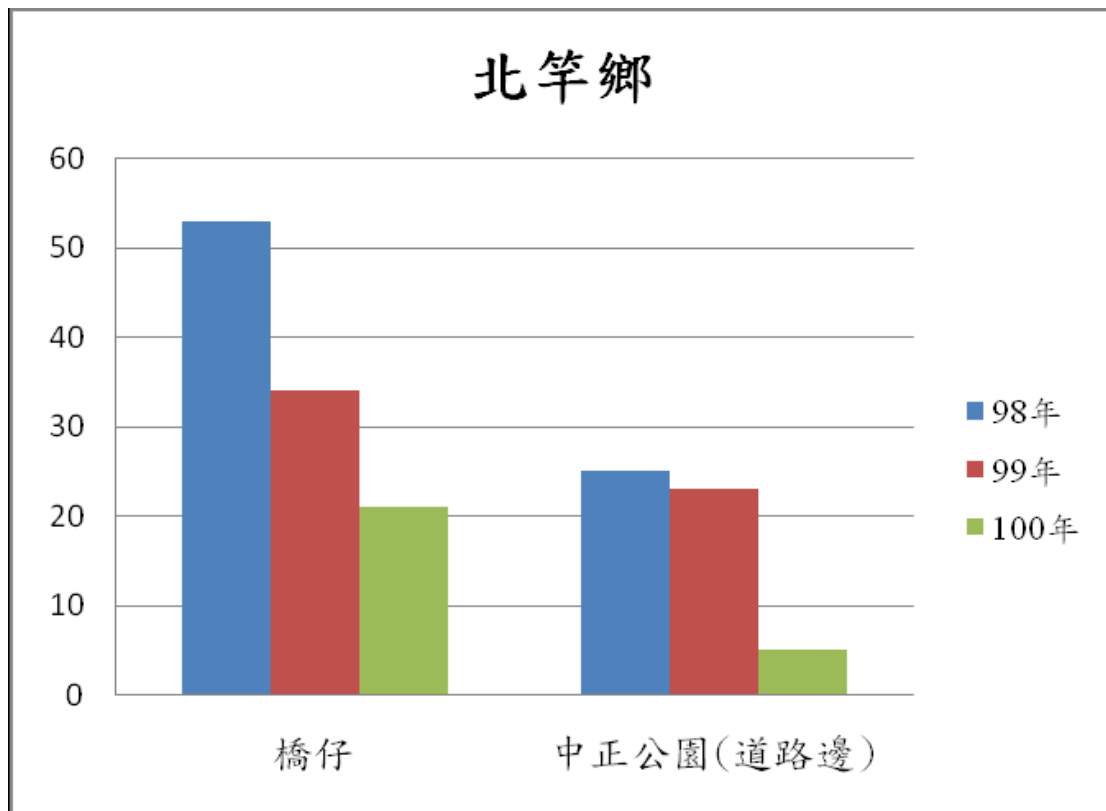
A：敬恆國小(草叢區)。B：敬恆國小(岩石區)。C：警察局旁道路邊。D：天后宮旁小徑。



圖十八、北竿雌光螢於北竿鄉分布圖。



圖十九、東莒黃綠雌光螢於東莒島分布圖。



圖二十、馬祖北竿鄉 98~100 年之北竿雌光螢最大族群數量估算。

表一、東南亞及南亞各國家及地區已定名之雌光螢物種數

國家或地區	雌光螢種類數(單位：種)
中國	16
印度	4
台灣	3
緬甸	3
斯里蘭卡	3
越南	2
泰國	2
日本屬西表島	1
中國屬香港	1
寮國	1
印尼屬蘇門達臘島	1

表二、北竿雌光螢、黃緣雌光螢及大場雌光螢雌成蟲頭部附肢節數比較

種類	觸角	小顎鬚	下唇鬚
北竿雌光螢	5	4	3
黃緣雌光螢	8	5	3
大場雌光螢	7-8	5	3

表三、北竿地區五處採樣點之土壤粒徑大小分析

粒徑大小比例(%)	採樣地點				
	中正公園	橋仔聚落	坂里水庫	北高醫院	莒光堡
<0.002 mm	14.90	31.90	23.20	13.00	36.20
0.002-0.053 mm	11.00	22.40	22.00	12.60	15.80
0.053-0.074 mm	2.46	2.66	3.30	3.03	4.35
0.074-0.149 mm	8.41	5.50	8.20	8.41	11.20
0.149-0.297 mm	24.90	14.00	15.40	20.00	15.60
0.297-0.590 mm	20.90	14.80	14.30	26.20	9.59
0.590-1.190 mm	13.60	6.63	9.38	13.80	5.44
1.190-2.00 mm	6.20	1.05	5.09	3.89	1.57

表四、北竿地區五處採樣點之土壤質地及成分分析

粒徑大小比例(%)	採樣地點				
	中正公園	橋仔聚落	坂里水庫	北高醫院	莒光堡
質地	砂質壤土	砂質粘壤土	砂質粘壤土	砂質壤土	砂質黏土
砂粒(%)	74.1	45.8	54.8	74.4	48.0
粉粒(%)	11.0	22.4	22.0	12.6	15.8
粘粒(%)	14.9	31.9	23.2	13.0	36.2
水分(%)	5.66	14.2	7.97	7.2	8.82
灰分(%)	95.7	92.3	94.5	94.5	94
含石量(%)	33.4	72.5	47.8	46.7	55.6
保水力(ml/g)	49	70	64	66	70
最大容水量(%)	41.2	71.4	55.2	60.2	64.1
有機質(%)	3.26	4.25	3.35	4.46	1.58
酸鹼值(pH)	4.37	6.42	7.7	6.57	6.25
交換性鉀(mg/kg)	175	740	283	52.9	41.9
交換性鈣(mg/kg)	146	1919	3288	1755	1158
交換性鎂(mg/kg)	40	248	223	284	311
交換性鈉(mg/kg)	32.8	57.7	22.5	71.1	93.3

表五、2009-2010 年北竿及東莒地區各氣象觀測點之氣象因子。

年份 月別		溫度(℃)			土壤溫度(℃)			相對溼度(%)			照度 (Lum/Sqf)	
		月均溫	最高溫	最低溫	月均溫	最高溫	最低溫	平均 溼度	最高 溼度	最低 溼度		
北竿 中正公園	2009	5 月	21.31	26.34	16.76	17.86	19.8	16.92	79.2	100	38.7	9.29
		6 月	24.56	30.31	17.9	——	——	——	90.3	100	61.4	4.93
		7 月	27.61	34.01	21.1	27.45	31.12	24.01	87.9	100	62.5	9.78
		8 月	28.05	33.17	24.01	——	——	——	84.5	100	51.1	5.16
	2010	1 月	11.47	23.24	4.57	9.5	17.14	4.33	66.7	100	30.3	62.47
		2 月	11.18	24.01	4.15	10.8	20.57	5.4	85.8	100	35.1	11.52
		3 月	13.34	27.91	3.74	5.77	18.66	69.16	76.17	100	28.1	24.28
		4 月	14.75	24.01	7.83	31.13	16	69.16	76.26	100	33.7	25.94
		5 月	19.88	27.52	14.85	12.23	24.4	24.3	85.75	100	47.7	20.42
		6 月	23.15	31.93	17.9	22.55	27.12	17.9	90.89	100	42.9	13.31
		7 月	27.05	32.34	24.01	26.43	34.85	24.4	39.08	55	34.7	12.35
		8 月	28.17	34.85	24.79	28.12	41.99	25.17	37.32	39.7	32.9	11.58
北竿 白馬尊王廟	2009	5 月	21.26	28.57	17.14	23.83	26.77	15.95	81.2	100	37.1	5.21
		6 月	26.6	30.95	18.28	26.01	28.45	24.2	91	100	65.5	14.98
		7 月	27.62	31.52	21.71	25.77	29.12	24.2	88.3	100	65.3	15.32
		8 月	29.01	35.27	25.52	26.93	31.93	21.33	83.2	100	50	119.76
	2010	1 月	10.8	23.63	4.57	10.24	47.96	11.13	80.24	100	37.9	13.93
		2 月	13.41	37.88	4.15	10.67	42.46	10.01	82.88	100	24.6	25.94
		3 月	13.6	38.77	4.15	10.59	42.46	4.82	81.49	100	23.5	29.95
		4 月	16.31	30.31	7.43	11.68	32.34	0.73	83.15	100	43.4	3.11
		5 月	19.71	29.5	14.47	10.84	31.93	7.33	86.75	100	41.1	2
		6 月	24.3	31.12	18.66	8.62	44.89	12.88	55.07	76.1	39.1	2
		7 月	27.3	32.76	23.63	8.03	3.31	12.88	48.77	67.9	31.5	2
		8 月	28.01	34.43	24.4	7.08	2.44	11.13	46.89	68	29.2	6.28
東莒 猛虎堡	2009	5 月	21.38	26.79	16.38	21.09	26.34	17.52	82.1	100	43.7	26.36
		6 月	24.7	29.9	18.34	24.07	27.12	19.81	89.4	100	89.4	29.9
		7 月	27.36	32.71	21.96	26.9	33.59	22.59	86.5	100	66.5	32.74
		8 月	27.73	33.59	24.79	27.44	34.01	24.4	87.9	100	54.4	33.11
	2010	1 月	12.14	27.52	4.57	11.32	22.09	4.57	77.08	100	23.4	41.28
		2 月	11.24	27.52	4.57	11.18	19.81	6.22	86.64	100	32.2	45.43
		3 月	13.73	26.73	4.99	10.42	20.19	2.46	77.94	100	27.3	77.65
		4 月	14.45	26.73	7.43	14.21	21.71	9.03	86.82	100	48.7	69.93
		5 月	19.47	26.73	14.47	19.23	23.24	16	91.7	100	55.3	45.16
		6 月	22.82	29.5	17.52	22.42	25.95	18.66	92.32	100	50.9	36.81

	7 月	26.48	31.12	23.63	25.51	27.12	24.79	87.24	100	64.9	60.14
東 莒 消 防 局	2009 5 月	23.48	35.27	16.76	22.58	25.17	19.42	75.8	100	26.2	188.29
	6 月	27.54	38.77	19.04	25.67	29.9	20.19	80.6	100	31.8	254.41
	7 月	30.11	38.92	25.17	29.37	31.93	24.4	75.4	100	31.4	325.76
	8 月	31.13	39.56	26.73	29.54	31.52	25.52	78.4	100	26.2	347.3
	2010 1 月	11.81	28.31	4.99	10.19	16	-1.97	78.12	100	23.4	106.53
	2 月	11.32	27.52	4.15	11.25	19.04	6.22	84.44	100	39.7	81.96
	3 月	14.05	27.12	4.99	9.4	17.52	-5.31	75.39	100	24.3	118.19
	4 月	15.67	32.34	7.83	14.85	20.19	9.42	84.14	100	34.2	91.43
	5 月	20.8	31.93	14.85	20.27	23.63	16.38	88.12	100	39.4	62.18
	6 月	23.99	40.13	17.9	23.39	28.7	19.04	90.93	100	39.7	49.21
	7 月	28.15	36.57	24.4	28.13	30.31	26.34	84.33	100	49.2	116.62

註：由於記錄中正公園土壤溫度之 HOBO 記錄儀失效，故未採用當月之數據。

表六、2009-2016 年間北竿雌光螢各樣區調查彙整結果。-表示未調查、☆表示調查未發現雌光螢、★表示調查發現雌光螢。

物種		北竿雌光螢												
年度		2009						2011			2016			
島嶼	地點/時間	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	3	4	5
		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
北竿	橋仔聚落	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	-	-	-	-	-	-
	環北公路白馬尊王廟	★	★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	★	☆	-	-	-
	壁山觀景台	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	★	☆	☆	★	★
	芹山步道	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	-	-	-	-	-	-
	莒光堡	★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	-	-	-	☆	★	★
	中正公園	★	★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	★	☆	☆	★	☆
	戰爭和平紀念公園	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	-	-	-	-	-	-
	大沃山	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	-	-	-	-	-	-
	北高醫院下坡	★	★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	★	☆	☆	★	★
	中興公園	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	-	-	-	-	-	-
	坂里水庫	★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	-	-	-	-	-	-
	尼姑山	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	-	-	-	-	-	-

表七、2007-2016 年間東莒黃緣雌光螢各樣區調查彙整結果。-表示未調查、☆表示調查未發現雌光螢、★表示調查發現雌光螢。

島嶼	物種	東莒黃緣雌光螢								
	年度	2007			2011			2016		
	地點/時間	3	4		3	4	5	3	4	5
		月	月		月	月	月	月	月	月
東莒	懷古亭	★	-		-	-	-	★	★	★
	氣壯山河	★	★		☆	☆	☆	★	★	★
	大埔聚落	★	-		-	-	-	-	-	-
	呂何崖	-	★		-	-	-	★	★	★
	銅像公園	-	☆		-	-	-	-	-	-
	福證水庫	-	☆		-	-	-	-	-	-
	東莒發電廠	-	☆		-	-	-	-	-	-
	魚路古道	-	☆		-	-	-	-	-	-
	東莒警察局	-	-		☆	★	☆	★	★	★
	猛虎堡	-	-		☆	★	☆	-	-	-
	中央道路	-	★		-	-	-	★	★	★
	大坪新農田	-	-		-	-	-	★	★	★
西莒	敬恆中小學	-	-		-	★	☆	-	-	-
	天后宮	-	-		-	★	☆	-	-	-
	西莒警局	-	-		-	★	★	★	★	★

附錄二、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會北竿簽到表

105 年連江縣生物多樣性保育及入侵種管理計畫

馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會

時間:106 年 05 月 05 日地點:北竿塘岐老人活動中心

鄭庭宇	陳世軒	王敦苟	李青	
莫茹予	許文清	賴彥金	鄭曉濱	
陳育金	王金山	吳惠婷	王愛蘭	
鄭依偉	陳長生	王宜宏	陳易玲	
陳秀梅	高之清	陳志柏	陳素芳	
陳美蘭	賴宇恩	陳宣善	李玄華	
林翠雲	朱奇松	曹春官	王朋偉	
王祥英	鄭慶章	王依金	王依蓮	
周好周	楊世冰	陳建全		
周建康	陳依如	曹偉金		
林愛仙	陳韻如	陳建全		
陳志全	黃博南	曾錦		
林加良	黃俊宇	林金河		
陳老金	趙牡丹	馮昭順		
王江捷	林正姪	曹麗珠		

附錄三、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會北竿會議紀錄

馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會北竿會議紀錄

時間:2017.05.05

地點:北竿老人活動中心

課長:謝謝各位鄉親今天來參加雌光螢的說明會。我是產發處的課長，敝姓賴，北竿和莒光的雌光螢是我們這邊重要的資產，而且是全世界的特有種，只有在北竿和莒光這兩個地點才有，兩種種類不一樣，那北竿這邊的雌光螢等一下就請老師幫我們來介紹一下，今年我們預定先規劃一個重要棲息地的保護區的計畫，那需要各位鄉親給我們一些意見，然後看需不需要修改內容。那我們現在就請老師為我們報告

老師:各位鄉親好，我是中國文化大學森林暨自然保育學系的謝佳宏，那我們今天就是幫縣府舉辦雌光螢野生動物重要棲息環境劃設的說明會。簡單介紹雌光螢特徵、生態和棲息環境，最後會呈現給鄉親看我們預計劃設野生動物重要棲息地的區域圖，希望大家給我們一些建議。

鄉長:謝謝，謝老師！各位鄉親晚安。首先，先跟大家抱歉一下，我們為了北竿雌光螢把一些路燈關掉，造成大家不便，在這邊謝謝大家的支持，我想牠是有價值的。剛才也聽了老師講了很多，我想我們值得來做努力，我先來講一下我的看法，我希望說老師在經過生物的研究、評估下有沒有可能協助我們在除了路邊以外的地區建立牠的棲地，像是一些比較低光害的地方，我剛剛看劃設核心區 20 公尺不大，30 公尺的緩衝區再加上的永續經營區，差不多 100 平方公尺。像我心目中有個理想的地方-橋仔水庫後方，他是一個低光害而且人煙稀少的地方，如果我們刻意去那個地方，做你所謂的核心區、緩衝區跟永續經營區，我想會是一個很好管理、很好處理的一個方式，甚至那個地方如果環境適合，因為他在山谷裡面，可能會更 nice，這是我的看法！想請老師、建設局的長官來協助我們。

另外的一個部分，我想雌光螢當然要保育，但是居民的安全、鄉親「行」的安全，我們還是要做努力，所以會希望說縣府長官這邊能夠協助我們，把一些路燈做一些適當的處理，或者是反光標誌協助我們做處理，幫我們做一個很完整的規劃，讓我們可以永續的去保護這個雌光螢，然後又能兼顧到居民「行」的安全。以上我提這兩點，謝謝。

課長:謝謝鄉長。那老師這邊先回答嗎?還是各位提個意見，我們一起來回答。

老師:鄉長這邊的意見，以針對橋仔水庫可以看到這邊是劃一長條，這其實路邊

都有，那針對橋仔水庫這是沒有問題的。接下來是說我們做過調查，這些是可以劃設的地方，那還有公有地、私有地的問題。我們接下來的步驟是要調地籍資料，如果確定橋仔水庫這邊他是公有地之後，鄉長這邊的概念是可行的，我們可以把那裏當作一個示範區，然後有核心區、緩衝區這個樣子，之後我們來做一個刻意的棲地經營管理的時候，每年來做監控看看數量是不是真的有上升，如果有，我們這個方法就是可行的，那我們的可行劃這麼大的範圍的話，成功率就會非常的高。那你看這麼大的範圍都可以看到所謂的雌光螢的話，未來生態旅遊、生態觀光，這整個大家都可以去做，那就會對我們的居民利益非常的大。

鄉長:我這邊在補充一下第三點，我希望縣政府在畫核心區、緩衝區跟永續經營區的時候，以現在這個紅線這個位置，如果有牽涉到鄉親的私人地必須告知，充分告知後才能公告，給他們同意或是說簽同意書，之後才能把他的土地公告為所謂的區域這樣，但是，我還是希望老師我們來努力，希望在公有的地弄區域來做，讓我們可以永續的做下去，謝謝。

課長:縣府這邊的目標，基本上我們是以公有地為主，如果私有地有意願來做保護區，我們也很歡迎，原則上，我們是以不妨礙民眾的利益為基礎來做這個考量，所以說還是以公有地為優先，然後再來是燈光的部分，我在想是不是有特殊的頻譜可以去做這種燈泡，如果沒有，以後我們就只能朝向遮光板這個方向。

老師:針對這個問題，第一，比較簡單的方法是先把路燈的半邊遮黑，那路邊就不會照到，我們路中央還是照得到，居民的安全可以顧到，雌光螢也可以求偶，這是最省錢的方式。另外一個是找到他特殊的光譜，那這個要做實驗，我們必須抓到雌光螢的雄蟲，並且帶回台灣的實驗室，用不同 LED 的光譜去打，然後看他有沒有反應，這個方法就會花比較多的時間，成本也會比較高。當然億光 LED 公司他們是很支持，因為台大昆蟲系有跟億光公司合作在做這個實驗，所以說檢測是可以合作的，但是有一個困難，雌光螢的雄蟲不容易抓到，也不容易觀察到，而且就算抓到，可能只能活五天，所以從抓到至送回台灣，然後再做實驗，這有點困難，或許做得到但可能要花上幾年的時間，因為一年就只亮這麼一次在四、五月才觀察得到，然後抓到雄蟲的機會又不高，所以說這是有一定的困難在的，不過還是有機會做得到的。但會花上幾年的時間會比較慢，比較快的還是建議用塗黑這種方式，而且還比較省錢。

課長:那老師這邊有沒有什麼問題，需要我們縣政府來協助？還是有民眾還有問題要發問？

秀梅老師：各位鄉親大家好，我是塘岐國小的秀梅老師，我這邊提兩點，一個是我的發現，一個是我的建議。我的發現是最近這幾年剛好都是下大雨的時候，雌光螢出現的頻率非常高，根據我所收集的資料是說跟澳洲那邊的雌光螢是相同的，剛好我有同學去澳洲看雌光螢，他說雌光螢都是棲息在水源區。尤其是去年下大雷雨的時候，整個碧山壁大概只有幾十公尺就有 7、80 隻。另外我有一個建議，因為我覺得每年北竿雌光螢出現的時間大約都是在莒光出現後的三個禮拜，這是我八年下來的觀察，只要莒光公佈說發現雌光螢了，大約三個禮拜後北竿就會發現，那今年比較特別的是今年時間提早三個禮拜，所以在今年三月份的時候，莒光那邊已經發現雌光螢，我預估是四月份北竿這邊也會出現。今年鄉公所反應很快，開始有些燈光的管制，我的建議說以後是不是當我們社區有發現時，第一個發現點馬上進行燈光管制這樣做會不會比較好，不要說固定每年的幾月到幾月實施關燈，因為現在氣候異常，所以不知道什麼時候會大量發現。我再補充一件事，因為剛剛講到中正公園那個部分，這真的是很可惜，因為當我第一年發現時在草坪是有 100 多隻，然後我去年和今年沒看到半隻，我在想說這個部分要引以為戒，接著下來如果公所或者政府單位做得太慢，很快四、五年，可能就會都不見了。我的建議就到這裡謝謝。

課長：謝謝秀梅老師，那就請謝老師來回答。

老師：第一點，下過雨這個事情要在做確認，因為我們這邊的調查是下雨天就沒有看到，跟我們的調查結果有落差，那我們明年會派人去北竿壁山那邊做調查確認看看，不過要記錄下雨天的話可能會有點小困難，除非是住在這邊，不然就是要看當地人有没有人願意幫忙做，這個有科學上的意義是值得去確認的。莒光和北竿的雌光螢出現時間相差三個禮拜很合理，三月七號莒光發現接著北竿四月八號看到，20 幾天差不多三個禮拜沒錯。秀梅老師的推測是合理的，觀察是正確的、非常有科學性。第二點建議的部分就要請縣政府或北竿鄉這邊來解決。

鄉長：秀梅老師的建議很好，以後我們只要一發現，就開始實施關燈，不一定要四月底才開始執行，我們請公所來配合。

課長：不好意思，我這邊有個問題，這樣會不會影響民眾交通上的權利？是不是可以考慮把路燈塗成半黑。這個方法會不會影響到鄉公所那邊的作業呢？

鄉長：塗成半黑我們來研究一下。我想先知道我們確實需要的保護區，我不認為需要這麼大，既然中正公園已經不適合雌光螢居住，牠搬家了，那我們可以去製造一個更適合牠生存的環境，拜託老師找找看適合牠生存的点來讓他搬到那邊，把草維護好、生存的必要條件也維護好，我相信兩者之間是可以取得平衡

的，這點就要請老師以及縣政府來協助。燈的這個部分，我還是希望老師這邊可以很明確的調查出來，每年都是從塘岐的村莊一直到莒光堡，這是整段路那到底是哪幾個點有？因為剛剛講到核心區是 20 公尺、30 公尺的緩衝區最後是永續經營區，總共 100 平方公尺，這個點一畫下去就 4、500 公尺了，是不是沒有需要這樣，如果區域更明確，我們把這個區域的燈做適當的處理，塗半黑、調到適當光譜等等，或者是直接關掉。我想把對居民的影響減到最低，兩者之間是可以取得平衡，這是需要老師來協助。不要說環島北路一關燈就全部沒光，我想公所團隊承受的壓力是很大的，老師我必須要這要講，這是環保意識之間和居民安全之間的掙扎，對我們來講壓力是很大的，但是我會希望北竿雌光螢永遠都存在，甚至說變成我們北竿重要的觀光資產。所以我才會提出說在這個區域之外，可不可能用人為的方式，由老師的協助跟縣政府或者是中央單位來協助，來建立北竿雌光螢保護區，我們公所願意來配合執行，謝謝。

議員：首先我這邊要感謝產發處安排這次的說明會，但我想表達得是又期待又怕受傷害，剛才老師陳述的從 2003 年到 2012 年真正的發表所謂的馬祖有兩個原生種，一個是東莒黃緣雌光螢，另一個是北竿雌光螢。非常感謝秀梅老師，那天在發生路上觀察到很多，很期待我們馬祖除了戰地風貌以外，我們的生態從我們探討的雌光螢到現在最夯的藍眼淚，甚至於神話之鳥-黑嘴端鳳頭燕鷗，我希望說公部門不要今天講完然後明天就沒這回事，從 2012 到 2017 我也很愧疚當時的中正公園的工程，我今天認為說我們公部門既然關心，規畫進去的部分要探討到他的具體內容，縣政府職務龐大，後續的部分要怎麼拿捏，跟公所要如何協調、溝通。最重要經費要抑制住，不是說要叫公所去做事情，承蒙剛剛所說的我願意配合所調查出這幾個點的規劃，從 20 公尺到 30、50 公尺，能不能具體的告訴我們，以北竿來講如何在現階段發現的點有沒有具體的方式去做，這是第一點。第二點，光害的部分，剛才老師也講了有些東西可以來研究看看，有一些光害到底是 LED 燈或者是其他的燈(黃燈、白燈)，有一些部分是不是不影響他的生態。老師剛剛解釋陳述那麼多，未來規劃區塊的部分我希望可以更量化，因為數據會說話，你所呈現的這個部分我希望可以更仔細，更仔細告訴我們在這 4137 平方公尺中有幾個地主是誰，這個要很清楚的知道才能去規劃。只有一個重點，公部門要主動積極，謝謝。

課長：謝謝議員和各位鄉親的指導，現在做這個東西是表示我們非常重視，而且我們明年也有編相關的預算在做這個規劃。現在只是先初步畫一個區域給大家做參考而已，後續會地集資料套上去，這樣就會知道私有地，然後就會跟地主聯絡一下看是什麼情形，那當然還是以公有地為優先。至於燈光這部分，剛剛聽老師說的可能還要再做研究，其實我一直覺得這個燈光很有趣，在大安森林公園現再有塊地專門在養螢火蟲，那個地方的遊客非常多，他是用抑光的 LED 燈，這個 LED 燈不傷到當地的螢火蟲，又可以讓遊客看到螢火蟲，這個目標對我們來說有點長遠，跟老師說的一樣，要抓到雌光螢的雄蟲不太容易，那後續

我們會跟老師研究一下，看明年是不是可以用遮光的方式來做處理，這會不會影響到螢火蟲的棲息環境，那如果可以用遮光的方式來做處理，我們這邊一定會努力配合鄉公所。謝謝議員給我們的指教。後續一定要把他培養成北竿的另一個亮點，這個是我們最重要的目標。

老師:那我這邊根據第三點來講，關於地籍資料我們這個計畫，他是從去年的九月到今年的七、八月左右，那雌光螢是出現在三~五月，所以說我們必須要在現在的這個時候，我們做完調查才畫出這樣的一個圖，這個圖出來後才能調地籍資料。先老實說，我們沒有這個權限，我們那時候就跟縣府討論過了，所以要由他們那邊把資料調出來後才能去畫，現在已經五月，那其實計畫七月就要結案了，在這麼短的時間那時候是有談到今年是沒有辦法去做出來的。我們是規劃在明年來做，範圍已經畫出來了縣府地籍調出來後馬上就可以整理好，然後就可以知道哪些是公有地哪些是私有地，如果是私有地就可以去詢問地主願不願意，若是不願意那我們就把他切開只畫設公有地的部分，這是明年要做的事情。

課長:那不知道各位鄉親還有什麼意見？

民眾:我想講一下，這個雌光螢我覺得有一個區塊是非常非常的多，就是橋仔到芹壁的那個區塊，然後他的那個區塊現在是往開心農場那邊，數量很多一個晚上就有百來隻，可是現在有點被破壞，他在那邊蓋房子，那段路上坡路的路邊的有土堆，現在應該是在建設，我覺得那個區塊很可惜，因為我們每一天晚上都從環島北路走到涼亭，都在路邊做觀察，那個區塊很多很多。不知道那個區塊要不要保護，如果不保護的話，那邊建設開發路一直拓寬的話，那個區塊就會全不破壞到了，我希望你們這幾天都可以去那邊看一下，還有就像秀梅老師剛剛講的，我們發現下雨的時候出現的量非常多，因為他們需要水分要是溼度夠，然後牠出來的量就相當的大，所以我天天經過都會去觀察一下，今天晚上的量出現多少，但是那塊土地還是最多的，他一出現是一整片，那個區塊下坡下去一點點整個都是。所以我覺得那個區塊要好好保護，我不曉得是不是私有地，在開心農場那塊牌子後方的草地都有，想說看看到底要怎麼維護，然後維護的區塊哪個是比較重要的？謝謝。

老師:那這跟我們的觀察一樣，那個地點確實有上百隻的數量，但是我們有跟縣府討論過，那邊應該是私有地，所以這個要看縣府要怎麼去協調。

高先生:各位長官、鄉親，不好意思耽誤大家的時間，我這邊有個小小的迷思，因為我太太剛剛講說在橋仔開心農場下去到舒漫活海景旅店，那個地方其實是沒有關燈的，然後今年觀察員在芹壁村上去以後公車站那邊，最近不是放了幾

個大喇叭對面得土坡上面也發現將近十幾隻，那個地方他也沒有關燈，這個地方就是我個人的迷思，因為不是一定關了燈才他才有，而且從我們塘岐村上去到莒光堡這段，一直每年都有關燈但今年的數量大約只有 15 隻左右而已，而且距離還蠻大的，我個人有小小的建議，如果說像這種情況下我們可不可以間隔開燈，然後燈把他遮一半也不要塗黑，拿板子遮一下或者用金屬板往路的方向照，草地這個方向用金屬板讓光線不要照過去。另外就是想請問老師，我從開始一直在觀察，從最早大概幾十隻，之後每年的範圍會愈來愈大、愈來愈廣，甚至到後面靶場那邊也有出現，但是數量沒那麼多，就像老師剛剛講的中山公園幾乎已經找不到了，除了蓋好游泳池之外，溜冰場那塊因為已經兩年的時間沒割草了，鄉公所的割草時間沒配合好的話，像去年的數量就很少。今年剛好在四月初的時候來了一次大掃除，把所有草都割掉了所以今年的數量非常多，尤其是環島北路這塊區域，這個就是有的時候我們不好講話，長官要割草我們才割草，因為草割了以後雌光螢才會出來這樣才看得到，我就提出這小小的建議，謝謝大家。

老師:先講割草的問題，雌光螢的雌蟲喜歡在短於 15 公分的草地上活動，這麼短的一個高度雌蟲發亮雄蟲才看得到，如果高於這個高度的話，他在草裡面發光雄蟲看不到，所以說割草是有助於雌光螢的出現，這是經過調查是確定的。另外一點，關於他棲地愈來愈大，如果他數量增多他當然就會往南擴散，蟲愈多但是他的食物不夠，他就會往外走。所以觀察到數量多然後向外擴張這是合理的現象。

代表:我跟鄉公所溝通了兩年多，就針對莒光堡到塘岐再到活動中心這邊，也關燈關了兩年多，實際上像現在整個是觀光季，觀光客出出入入的，一直關當關到九點，這也就是大家在活動的時段，九點以後大家都休息了，那麼亮大家也使用不到，我的重點是說最主要雌光螢的數據要出來，他在哪裡有棲息？有棲息的地方把他畫出來，這兩年多以來，雌光螢有培育多少數量出來？在沿路之間是不是有，像是網球場，小朋友去打球時整個烏漆抹黑的，如果這個路段沒有的話，並沒有作培育的話，是不是要請公所這邊盡快恢復照明，把確定有出現的這個區域給畫設出來。簡單報告一下，謝謝。

課長:謝謝代表，那我先回答一下剛剛的問題，我們現在要做這個計畫最主要的目的是數量、區域，老師是今年才開始做這個調查，那我們明年會再繼續下去，後續我們的目標當然是要有一個特定的區域，是不敢希望整個島都有，但是希望有個點讓觀光客和民眾去做生態教育、生態旅遊。後續希望大家能多配合。

民眾:不好意思，我們北竿的伍沙可能被忽略，昨天報紙才刊登的，伍沙地區好像都沒人要管的樣子，我們那邊雌光螢很多，每次帶我兒子去散步時，在路邊斜坡上面。

課長:這次伍沙沒有人去調查，可能是在徵調查員時這位小姐沒有來應徵，後續會再請老師明年將這個地點列入調查。

老師:今年度的計畫是無規劃飼養與培育，至於剛剛提到伍沙區無人調查這件事，因為這個調查是從入夜七點到九點只有兩個小時，那我們如果從這個路線一路觀察過去的話，到達九點得時候再過去另一邊像是伍沙地區時就看不到了，有可能是因為這個原因就忽略到這個地方，明年會再加強對伍沙的調查。

民眾:各位鄉親打擾一下，我有幾點建議，我比較偏向於人工有辦法把他聚集在一起開拓一個雌光螢區，老師剛剛有講到一個可能抓到雄蟲，然後帶回去比對他發光光譜的顏色，是不是有辦法把比對的這些資料在這幾個月全部帶到馬祖，陳列在這裡，然後看看雌光螢對什麼樣的光不受影響？

老師:我可以直接說這是不可能的，因為那個測量的機器很大，有一面牆，如果你有去過億光 LED 公司就知道，他的機器就見了一面牆，然後有各式的光譜，把雌光螢放在裡面，接著用不同光線去打看他有沒有反應。那個機器是沒有辦法搬過來的，造價是幾億元的。

議員:我在請教一下，今年的計畫到七月份嗎。剛剛一直講到永續，既然要永續我想要明確的告知，到底光害對於北竿雌光螢影響在哪裡？針對北竿各點去看不能有漏掉，像是沒有徵到調查員，這是不對的，有些東西要全面去看，才能說未來真的如何永續得來推動北竿雌光螢的生態的規劃，甚至於可以納入未來觀光的導覽。除了成果發表會外，我希望可以得到很具體的建議，縣政府該怎麼做，鄉公所該怎麼配合，甚至社區學校怎麼配合來宣導，我想這個是環環相扣的。我們希望可以得到老師的專業的指導和方向，讓我們北竿雌光螢不管未來是人工也好區域也好，如何在公有的土地上把他塑造起來。

課長:謝謝各位鄉親，大家在這邊給我們的意見把握，雌光螢對我們來說真的很重要，我想要把他留在馬祖，而且希望可以變成馬祖另外一個亮點，第二個藍眼淚。

老師:剛剛議員說把他集中在某個地方，這就是我們畫保護區的目地，畫設保護區不是畫了保護起來就不要進去動他，現在的保護區是要去經營的，棲地就是要夠大，食物-馬路才會多，雌光螢也自然而然會多起來，這個是縣府或是鄉公

所這邊可能要有專人來做這些事，專門去照顧棲地維持腐植質的量，這個可以去參考國內外這方面保護區的經營。

課長:謝謝各位鄉親的指教，後續我們會再往這個方面努力，麻煩各位鄉親多多支持我們，謝謝。

附錄四、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會莒光簽到表

105 年連江縣生物多樣性保育及入侵種管理計畫

馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會

時間:106 年 05 月 06 日地點:東莒老人活動中心

林文引	張木花			
孫長張	李言八			
周金傳	張富子			
林玉春	黃鎮輝			
劉寶金	吳靜甘			
鄭桂餘				
郭偉添				
林月嬌				
林不旺				
吳萬強				
謝秋英				
鄧受已				
葉秋連				
張榮吉				
吳如馨				

附錄五、馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會東莒會議紀錄

馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會 東莒會議紀錄

時間:2017.05.06

地點:東莒 老人活動中心

老師:各位鄉親好，謝謝大家今天來參加雌光螢的說明會，我是中國文化大學森林暨自然保育學系的謝佳宏。北竿和東莒黃緣雌光螢是我們這邊重要的資產，這次接受縣政府委託來做馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設說明會，今年我們預定先規劃一個重要棲息地的保護區的計畫。

民眾:謝謝老師的講解，我這邊是建議下次的說明會可以辦在晚上，因為一般白天大家都還在上班，所以很少人會來聽。

課長:好的，這點我們下次會改善，想辦法在晚上舉辦讓更多鄉親來參與。

附錄六、蛇類宣導活動簽到表

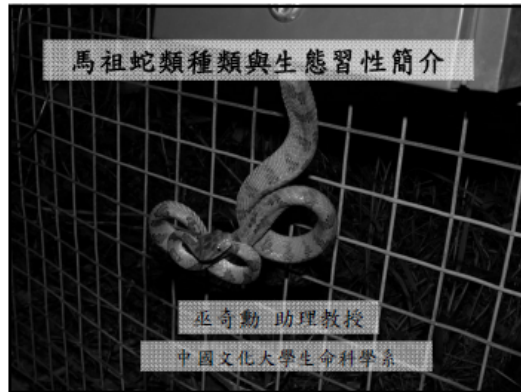
105 年連江縣生物多樣性保育及入侵種管理計畫

連江縣蛇類生態保育與安全講習簽到表

時間:105 年 10 月 15 日地點:北竿塘歧老人活動中心

謝泉全	王依全			
林運棟	陳寬全			
王愛云	林根偉			
陳冠國	游官娥			
王建榮	王玉鈞			
陳安華	劉細妹			
陳中連	陳堂全			
陳榮榮	李政和			
陳阿弟	黃天佑			
王木偉	王美華			
陳山偉	林登仙			
薛守成	林 芳			
游國翔	甘中興			
劉明弘	石青鈞			
游依如	李 豐			
陳心銘	賴文皓			

附錄七、馬祖蛇類種類與生態習性簡介



台灣原生陸棲蛇類，目前共記錄包含8科至少49種，9種特有種，較危險的毒蛇約10種。：

黃領蛇科(Colubridae): 18屬28種
 蝙蝠蛇科(Elapidae): 3屬5種
 水蛇科(Homalopsidae): 1屬2種
 鈍頭蛇科(Pareatidae): 3種
 蟒科(Pythonidae): 1種
 蝮蛇科(Viperidae): 2亞科，5屬6種
 閃皮蛇科(Xenodermatidae): 1屬2種
 盲蛇科(Typhlopidae): 1種

海蛇: 屬蝙蝠蛇科，記錄約9屬13種(較常見的有3種)

(向華 2009; Vitt and Caldwell, 2014)

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈 巫奇勳

台灣蛇類有出現毒性的家族(family)

黃領蛇科(少數種類有後溝牙或後毒牙，有毒性)

水蛇科(有後溝牙，微毒性)

蝙蝠蛇科(前溝牙類，神經性毒為主)

蝮蛇科(管牙類，出血性毒為主)

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈 巫奇勳

J. Taiwan Mus. 50(2): 93–105 December 1997

93

On the herpetofauna of the Matsu Group – I. Reptiles and amphibians recorded from Nankan and Peikan Islands

Hidetoshi Ota¹ and Jun-Tsong Lin²

Accepted October 9, 1997

摘要

太田英利 林俊聰 馬祖群島的兩生爬蟲類(I)，南、北竿島的爬蟲與兩生類紀錄 臺灣省立博物館半年刊 50(2): 93–105

本文所載的乃是馬祖群島中南、北竿島兩生爬蟲學的首次調查紀錄。在這兩個位於中國大陸東部邊緣的海島上，總計共紀錄了12種爬蟲類及3種兩生類。其中有一種守宮屬蜥蜴的外部形態，與大陸東部或臺灣目前已知的種類都不一樣；還有一種石龍子，雖然目前暫時歸為印度蜥蜴，但在大小及體色上與各該群都有一些差異。馬祖群島的兩生爬蟲類大體說來與中國大陸較為相近。

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈 巫奇勳

馬祖原生陸棲蛇類，目前共記錄至少3科9種，其中毒蛇2種。

黃領蛇科(Colubridae): 6種

蝙蝠蛇科(Elapidae): 2種

(Ota and Lin, 1997; 向華, 2009)

盲蛇科(Typhlopidae): 鈎盲蛇

<http://blog.sina.com.tw/30839/article.php?entryid=590027>

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈 巫奇勳

平地蛇類常出沒地點

-住家(特別是農村)附近: 臭青公、南蛇、雨傘節、眼鏡蛇、紅斑蛇、赤背松柏根、鈎盲蛇...

-小水塘與溝渠: 花浪蛇、草花蛇、紅斑蛇、雨傘節



本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈 巫奇勳

如何辨識蛇類？

• 主要辨識特徵：

頭部形狀

頭背上的特殊花紋

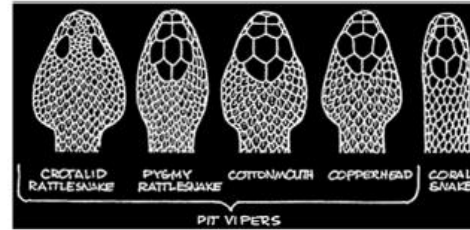
頭背鱗片特徵、體鱗是否有稜脊

體背或體側花紋

頭部與身體的比例

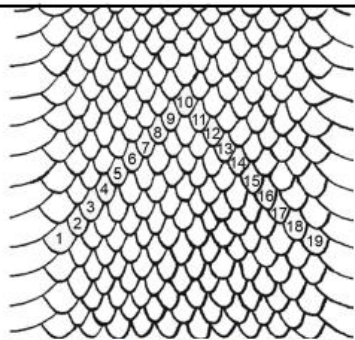
本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究

頭部三角形就是毒蛇，圓形就不是？



本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究

鱗片數計算



<http://www.virginiaherpetologicalsociety.com/identification-keys/ld-snakesofus/snakesofus01.htm>

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究

從行為上觀察

- 從泄殖腔或腺體分泌出臭味，或排放惡臭的排泄物：紅斑蛇、臭青公
- 容易出現攻擊姿勢或行為：南蛇、臭青公、眼鏡蛇

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究

黃領蛇科(Colubridae)

- 超過100屬，至少682種。

• 構造上最多樣的一群。通常上頷的上頷骨、顎骨與翼骨，以及下頷的齒骨有齒，上頷前方絕無溝牙或管牙，但少數種類具有後溝牙，且上唇腺特化成毒腺。一般沒有毒性，但仍有少數具有致命危險的毒性。

• 棲息地利用相當廣泛，食性也因利用的棲息地而複雜多樣。卵生與胎生均有。

(Vitt and Caldwell, 2014)

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究

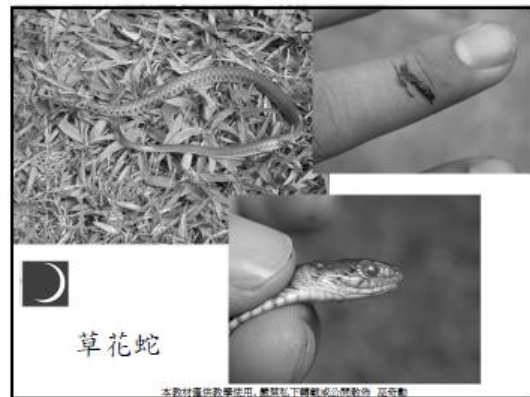
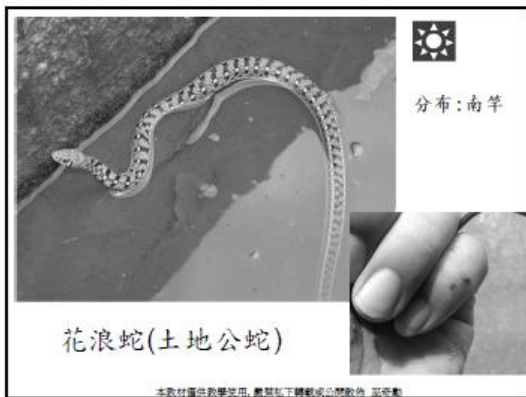
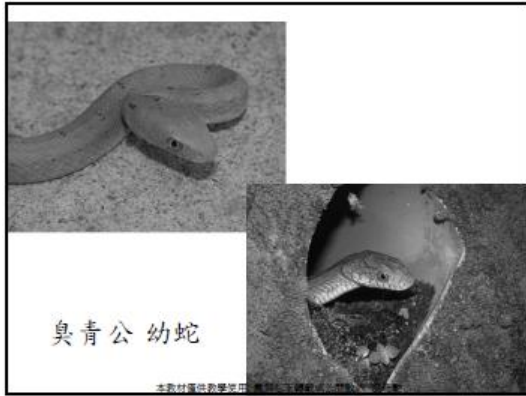
臭青公(王錦蛇)



分布：南竿



本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究



蝙蝠蛇科(Elapidae)

- 62屬，至少347種，包括海蛇(依分子親緣研究資料)。
- 本科的最大特徵是上頷骨有前溝牙，縮短且縱向排列的上頷骨。
- 頭部橢圓。所有種類均有毒，以神經性毒為主。
- 包含陸、水與樹棲性、以及海洋性種類。大部分種類卵生，少數種類胎生。

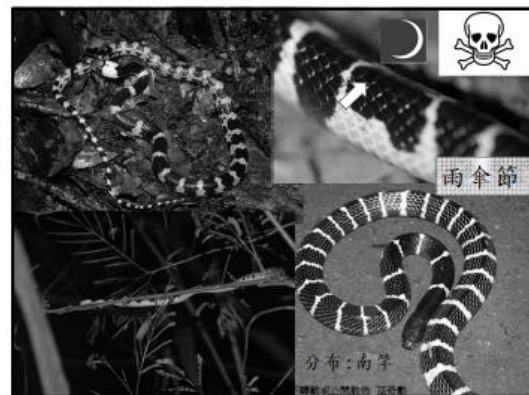
(Vitt and Caldwell, 2014)

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈 邱奇勳

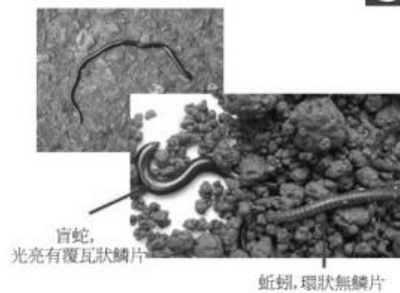
神經性毒

- 為蝙蝠蛇科主要毒素
- 蛇毒吸收快，局部症狀輕，病情發展慢，故易被忽視，但出現全身症狀就很危險
- 局部症狀：有麻木感，較無紅腫及無疼痛
- 全身症狀：嗜睡、運動神經失調、瞳孔散大、局部無力、噁心、嘔吐、昏迷、呼吸困難

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈 邱奇勳



盲蛇科(Typhlopidae)



鉤盲蛇 • 孤雌生殖



蝮蛇科(Viperidae)

為祖目前沒紀錄

- 分為響尾蛇亞科(Crotalinae)、蝮蛇亞科(Viperinae)與白頭蝮亞科(Azemiopinae)。

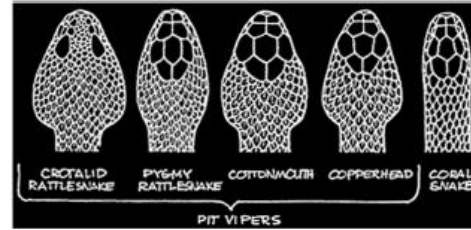
- 最大特徵是上頷骨具有可活動的管牙，具可滑動的塊狀上頷骨。

- 所有種類均有毒，以出血性毒為主。



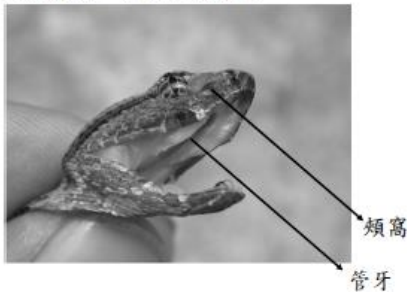
本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違必究

頭部一般成三角形，頭頂一般分布細小鱗片，體態壯碩。



本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違必究

響尾蛇亞科(Crotalinae)具有兩個對熱非常敏感的頰窩(pit)，而蝮蛇亞科沒有。



本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違必究

出血性毒

- 為蝮蛇科主要毒素
- 全身症狀明顯，局部症狀重，病情發展快
- 局部症狀：
 - 傷口灼痛、局部腫脹並擴散、紫斑、淤斑、起水泡、漿液血由傷口滲出、皮膚或皮下組織壞死
- 全身症狀：發燒、噁心、嘔吐、七孔流血、血痰、血尿、低血壓、瞳孔縮小、抽搐、痙攣

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違必究

混合性毒

- 為蝮蛇主要毒素
- 有神經性毒及出血性毒的症狀

肌肉性毒

- 為海蛇科主要毒素
- 被咬後傷口持續發痛、無腫脹、肌肉疼痛及僵硬

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違必究

蛇類保育、防治與緊急救護

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違必究



本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究。

任意宰殺蛇類可能會觸犯什麼法律？

野生動物保育法

野生動物保護法

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究。

動物保護法

第 27-1 條

散布、播送或販賣違反第六條、第十條或第十二條第一項之文字、圖畫、聲音、影像、電磁紀錄或其他物品，或公然陳列，或以他法供人觀賞、聽聞者，處一年以下有期徒刑、拘役或科或併科三萬元以下罰金。但為供學術研究或公益用途者，不在此限。

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究。

第 6 條

任何人不得騷擾、虐待或傷害動物。

第 10 條

對動物不得有下列之行為：

- 一、以直接、間接賭博、娛樂、營業、宣傳或其他不當目的，進行動物之間或人與動物間之搏鬥。
- 二、以直接、間接賭博為目的，利用動物進行競技行為。

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究。

三、以直接、間接賭博或其他不當目的，而有虐待動物之情事，進行動物交換或贈與。

四、於運輸、拍賣、繫留等過程中，使用暴力、不當電擊等方式驅趕動物，或以刀具等具傷害性方式標記。

五、於屠宰場內，經濟動物未經人道昏厥，予以灌水、灌食、細綁、拋投、丟擲、切割及放血。

六、其他有害社會善良風俗之行為。

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究。

第 12 條

對動物不得任意宰殺。但有下列情事之一者，不在此限：

- 一、為肉用、皮毛用，或餵飼其他動物之經濟利用目的。
- 二、為科學應用目的。
- 三、為控制動物群體疾病或品種改良之目的。
- 四、為控制經濟動物數量過勝，並經主管機關許可。
- 五、為解除動物傷病之痛苦。
- 六、為避免對人類生命、身體、健康、自由、財產或公共安全有立即危險。

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究。

肉食主義、高階掠食者、鼠輩剋星



本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究

謝謝！歡迎發問

本教材僅供教學使用，嚴禁私下轉載或公開散佈，違者必究

附錄八、雌光螢生態導覽簽東莒簽到表

105 年連江縣生物多樣性保育及入侵種管理計畫

連江縣雌光螢生態導覽

時間:106 年 04 月 14 日 地點: 莒光遊客中心簡報室(東莒)

許廣宗	陳慧書	李庭富	林國堅	莊月娥
吳育英	賴幸亞	林文福	吳晨汝	鄭少鈺
陳美雄	陳美雄	鄭文明	曹鳳光	
陳靜宜	陳靜宜	蔡元玉	蔡文輝	
鄭淑芳	鄭淑芳	林琦	曹木貴	
鄭克武	張瓊文	陳淑嫻	石淑穎	
林慶豐	曾泰琴	張振宇		

附錄九、雌光螢生態導覽北竿簽到表

105 年連江縣生物多樣性保育及入侵種管理計畫

連江縣雌光螢生態導覽

時間:106 年 04 月 15 日 地點: 北竿塘岐老人活動中心

鄭小蘭	劉冠宏			
陳長柏	林立英			
許同心	劉國強			
雷翔宇	劉黃維			
王樂成	李世成			
陳長宏				
陳宣善				
王柏元				
楊佩珊				
王豐博				
林凱勤				
王煥				
張善淳				
余政哲				

附錄十

馬祖列島雌光螢野生動物重要棲息環境劃設

申請計畫書初稿

連江縣政府

中 華 民 國 1 0 6 年 9 月

目 錄

壹、計畫緣起、依據、範圍及目標.....	1
貳、計畫地區現況及特性.....	8
參、分區規劃、保護利用管制事項及經營管理計畫.....	10
肆、所需人力及經費.....	15

壹、計畫緣起、依據、範圍及目標

一、計畫緣起

連江縣馬祖列島地理上位於歐亞大陸東南方及西北太平洋的台灣海峽北方，氣候及位置上結合大陸與海島的特性，形成特殊的地理生態環境，孕育出豐富的生物多樣性資源，列島上物種除了來自歐亞大陸東南方外，也有因海島特性而演化出特有之物種。馬祖列島於 2012 年經行政院農委會特有生物研究保育中心的何健鎔博士，發表了 2 種雌光螢科(Rhagophthalmidae)世界新種螢火蟲，並為紀念其特殊地域性，遂以馬祖列島地名為依據，分別命名為北竿雌光螢(*Rhagophthalmus beigansis*)與東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralus*)。該 2 種雌光螢為馬祖地區特有種生物，除其生態特殊如其名，主要是由雌性螢火蟲發光求偶而有別於一般螢火蟲；多數的螢火蟲，不論雌雄成蟲夜間皆會發光，但以雄蟲發光器較多、較明亮為主，而雌光螢則是以雌成蟲發光為主，雄成蟲則幾乎不發光。另一特點則是雌光螢的雌成蟲外觀終生保持為幼蟲狀態，沒有翅膀，所以不會像一般螢火蟲一樣在夜間到處飛，只會待在地面上高舉尾部發光器，持續發光，吸引雄成蟲靠近。生態習性特殊的雌光螢，亟具有發展成馬祖列島夜間生態旅遊的價值，但從島嶼生物學而言，雌光螢的生存環境是屬於非常脆弱的生態系，又馬祖各列島土地面積有限，若加上發展觀光的道路開發、遊憩設施的建置與遊客人潮增加，勢必對馬祖雌光螢之生存帶來重大影響，因此稍有不慎，這些物種即可能在數年內從世界上消失。

本計畫書彙整現有各方面相關雌光螢資源狀態及資料，以設立馬祖地區雌光螢野生動物重要棲息環境保護區(以下簡稱雌光螢保護區)為目的，達成保育馬祖特有種雌光螢為目標。目標除保護珍貴特有雌光螢之生存環境，免遭不當人為開發利用致使美麗的物種消失殆盡以外，更將積極訂定保育計畫，維護其棲息環境，長期觀測研究並建立此生態敏感區的各項基礎資料，以作為更進一步經營管理的重要參考依據。保護區設立後，將善加利用其自然與生物資源，提昇民眾及社區

對生物保育資源觀念認知，落實生物資源保育與促進發展社區觀光，凝聚社區融入生態保育與生態傳承理念，發展馬祖永續生態旅遊。

二、計畫依據

(一) 野生動物保育法第八條、第十條、第十一條及第十二條。

(二) 野生動物保育法施行細則第十條、第十二條、第十三條、第十四條及第十五條。

三、保護區範圍

依據 105 年連江縣生物多樣性及入侵種管理計畫所作詞光螢族群密度

調查結果如(表一)：

表一、連江縣雌光螢分布調查表

地點	日期																							
	3/7	3/9	3/11	3/15	3/17	3/20	3/23	3/26	4/1	4/2	4/3	4/7	4/8	4/9	4/10	4/11	4/12	4/13	4/14	4/16	4/20	4/25		
北竿																								
蝴蝶花谷											20					1								
中正公園												1												
環島東路3號彈藥庫												2												
坂里菜園(遊客中心旁)													4						9					
中正公園靶場階梯														1										
中興公園																1			1					
壁山步道																1								
碧園																1								
莒光堡至橋仔水庫																			5					
橋仔水庫水壩兩側																			13					
橋仔水庫至環島北路白馬尊王																			8					
環島北路白馬尊王至靈骨塔																			9					
靈骨塔至芹壁																			8					
莒光堡露營地																5				5				
環島東路近幹訓班																2								
塘岐-橋仔休閒廊道																			6					
環島北路白馬尊王廟																					3	50	14	
懷恩修道院																					4			
東莒																								
共榮共存				1					3	13	1													
東莒派出所道路				1			10	2	8										9					
中興路加油站											9								5					
東莒直昇機場					3				26	1									23					
氣壯山河				1																				
懷古亭									7	16														
衛生所																								
西莒																								
田沃境天后宮		2	3	2			7																	
有容路往西坵村小路																								
有容路往西坵村小路(另一側)																								

雌光螢保護區根據雌光螢族群密度調查結果來選界劃設範圍。調查結果密度越高的區域，為保育區設置的熱點，以期有效達成保育雌光螢之目標。雌光螢保護區範圍根據幼蟲與成蟲棲地類型來劃設，由於幼蟲活動能力不若成蟲範圍大，又因初齡幼蟲死亡率較高，所以依調查結果之幼蟲出現密度較高範圍處，基本上以半徑 20 公尺劃設為紅色核心區，往其外擴展 30 公尺範圍為橘色緩衝區，該區段保護區總半徑為 50 公尺。選界劃設保護區範圍如下：

1.北竿鄉(圖一、二)

a.蝴蝶花谷：

核心區 4173 平方公尺，緩衝區 10970 平方公尺。

b.休閒廊道到碧山觀景台連接靈骨塔：

核心區 47481 平方公尺，緩衝區 10970 平方公尺。

c.橋仔聚落到芹壁；

核心區 54435 平方公尺，緩衝區 86018 平方公尺。

2.莒光鄉－東莒(圖三)

a.氣壯山河到懷古亭：

核心區面積 9175 平方公尺，緩衝區面積 17082 平方公尺。

b.直升機場到加油站：

核心區 52334 平方公尺，緩衝區 82889 平方公尺。

c.東犬燈塔：

核心區 314 平方公尺，緩衝區 1649. 平方公尺。

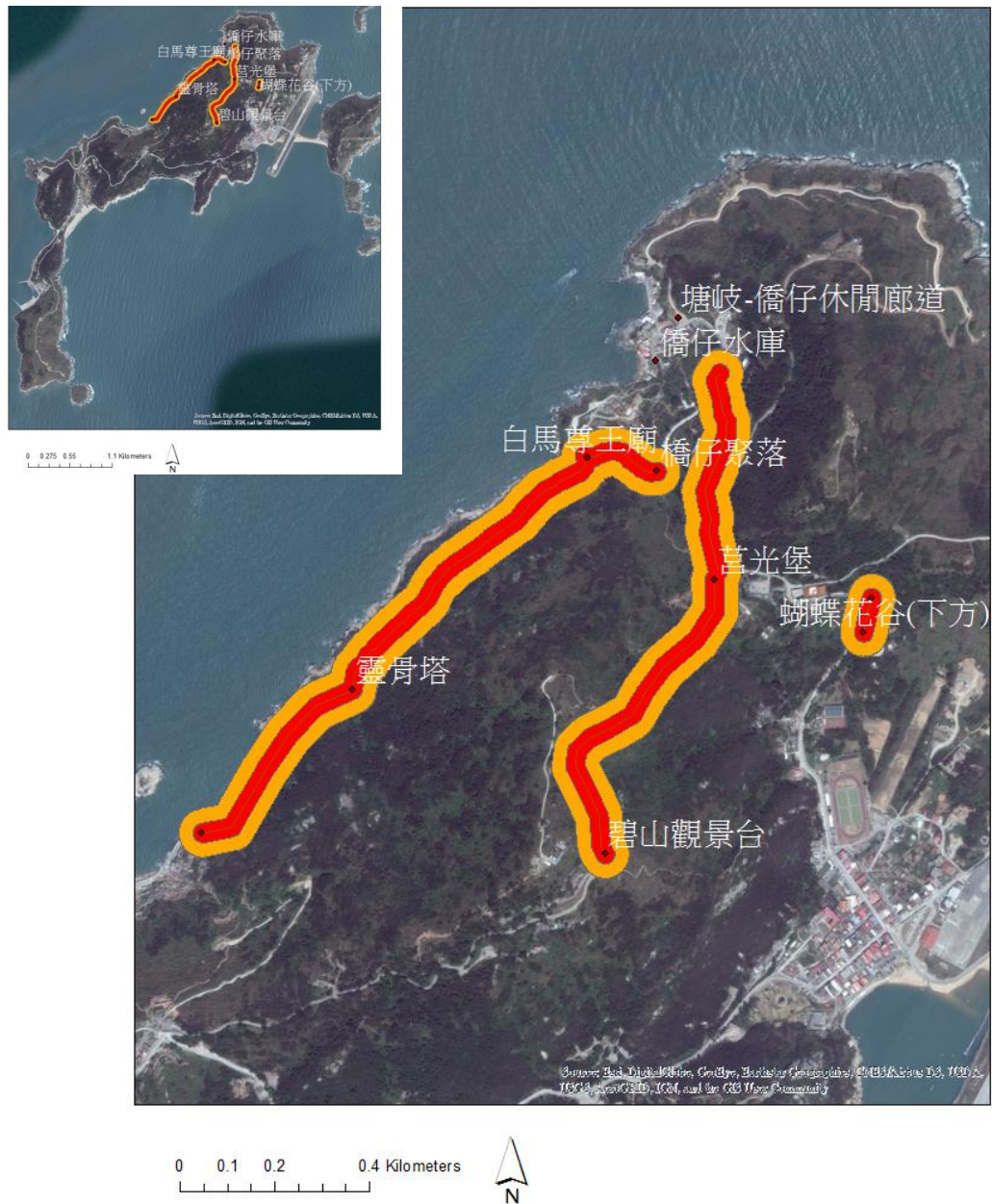
3.莒光鄉－西莒(圖四)

a.有容路區域：

核心區面積 10128 平方公尺，緩衝區面積 19818 平方公尺。

b.天后宮：

核心區面積 314 平方公尺，緩衝區面積 1649 平方公尺。



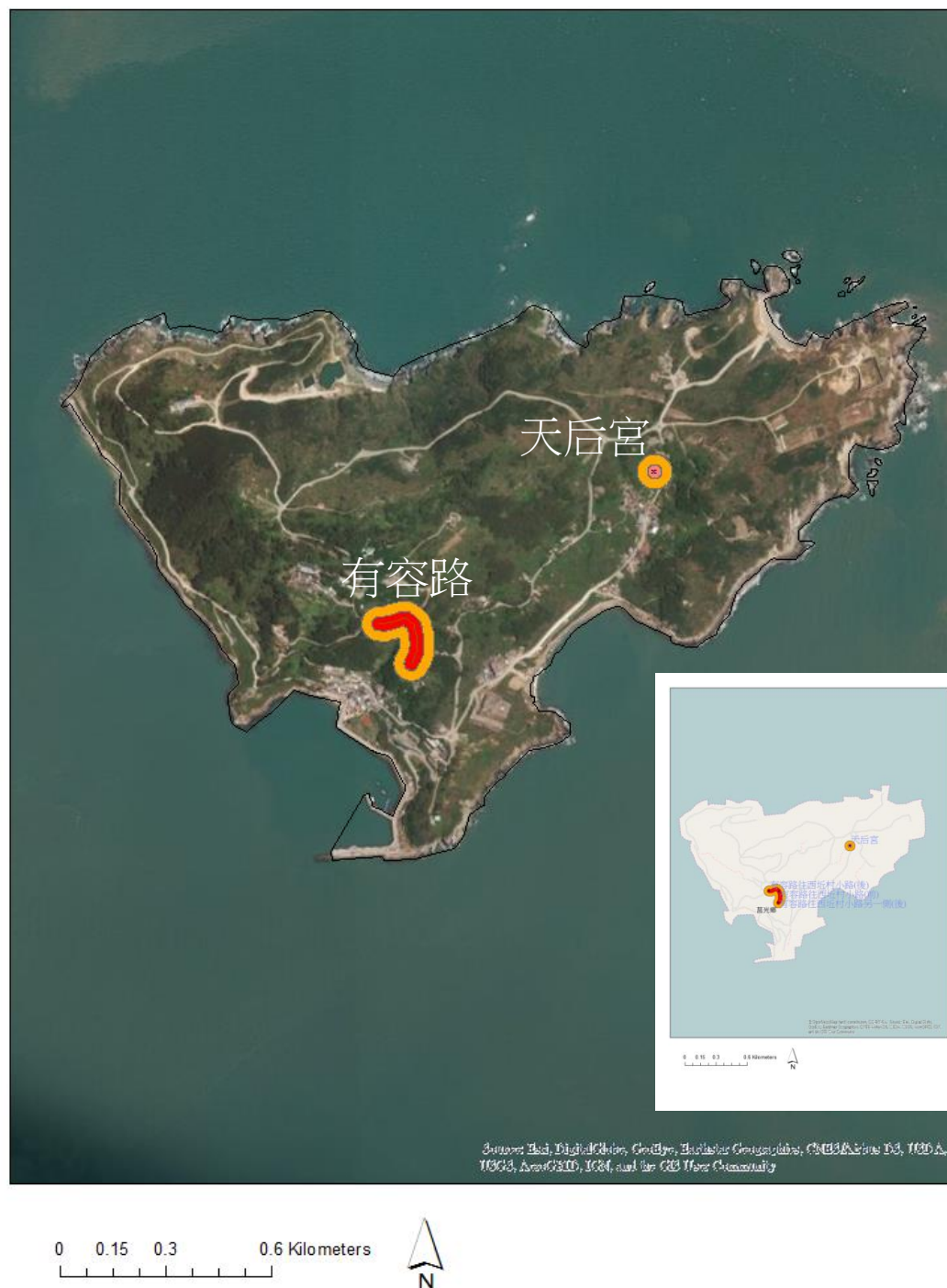
圖一、北竿鄉劃設保護區範圍：蝴蝶花谷、休閒廊道到碧山觀景台連接靈骨塔、橋仔聚落到芹壁。(紅色：核心區，橘色：緩衝區)



圖二、北竿鄉劃設保護區範圍：蝴蝶花谷、休閒廊道到碧山觀景台連接靈骨塔、橋仔聚落到芹壁。(紅色：核心區，橘色：緩衝區)



圖三、莒光鄉－東莒劃設保護區範圍：氣壯山河到懷古亭、直升機場到加油站、東犬燈塔。(紅色：核心區，橘色：緩衝區)



圖四、莒光鄉－西莒劃設保護區範圍：有容路區域、天后宮。(紅色：核心區，橘色：緩衝區)

四、保育目標

1. 基礎資料之建置：蒐集建置保護區內之動植物資源及人文與自然景觀資料，供後續保育策略與措施參考，並培訓相關調查人員及解說人員。
2. 棲地環境之維護：加強保護區內動植物，確保棲地環境之完整以利區域內生物生存及繁衍，建置各項軟硬體設施，發揮解說教育功能。
3. 復育計畫之實施：改善公路旁之棲地管理方式：除草時機及方式，加設欄杆及警示告示牌；復育保護區內草地、沼澤灘地等多樣性棲地，維護適合雌光螢生存棲息之自然環境。儘量維持區內生態體系之自然演替過程，落實動植物遺傳，並保育物種及生態系之多樣性。
4. 保護區之永續經營：結合當地居民、學校等資源，推廣生態旅遊休閒計畫，讓社區居民因而獲利，以增進其投入保育的意願，以達成社區整體營造與自然資源永續利用之雙贏局面。

貳、計畫地區現況及特性

一、自然環境狀況

1. 氣候

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性氣候。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，年平均溫度為攝氏18.6度。全年降雨量多集中於4至5月，颱風則多發生於7、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，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」。

2. 生物資源

植物：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)。

鳥類：連江縣政府針對轄區內白眉燕鷗、蒼燕鷗、紅燕鷗、鳳頭燕鷗、黑尾鷗、岩鷺、叉尾雨燕等七種鳥類主要保護的對象，特別於 89 年 5 月成立了「馬祖列島燕鷗保護區」，區域包含東引鄉之雙子礁，北竿鄉之三連嶼、中島、鐵尖島、白廟、進嶼，南竿鄉之瀏泉礁，莒光鄉之蛇山等八座島嶼，更在當年 6 月在區內發現在世界鳥類紅皮書中被列為臨絕種的黑嘴端鳳頭燕鷗。

昆蟲：目前有紀錄蝴蝶 96 種、蛾類 21 種以上、蜻蛉類 14 種以上、螞蟻 41 種以上，可謂生態豐富。

蛇類：目前有紀錄為 9 種，其中包含 2 種毒蛇：眼鏡蛇(*Naja atra*)與兩傘節(*Bungarus multicinctus*)。其他為：王錦蛇(*Elaphe carinata*)、紅斑蛇(*Dinodon rufozonatum rufozonatum*)、南蛇(*Ptyas mucosa*)、花浪蛇(*Amphiesma stolatum*)、草花蛇(*Natrix piscator*)、赤背松柏根(*Oligodon formosanus*)、鉤盲蛇(*Ramphotyphlops braminus*)。

二、土地利用現況及所有權屬

馬祖列島於 81 年解除戰地政務以後，軍事重地一一解禁成為民眾觀光的地點，而馬祖列島的多山、岩礁、岩岸地形，也造就了許多值得觀光的美景，縣政府為活絡地方經濟，特別針對觀光這塊市場進行推動馬祖五島四鄉的觀光資源。目前選界劃設保護區土地多在公路兩旁，大多為政府公地或軍方營區，少部分為私人土地。

三、本區面臨威脅及解決方案

1. 光害

一年一代的雌光螢，由於其特殊的生態習性，每年繁殖季節時(北竿雌光螢 3-6 月；東莒黃緣雌光螢 2-5 月)，必須透過夜間發光才能找到交配對象，過多的路燈及路燈點亮的時段，都已觀察到確實會影響雌光螢的發光(雄成蟲：入夜後半小時內、雌成蟲入夜後至 21：00)。為使雌光螢能順利繁衍下一代，建議在保護區進行燈火管制，以入夜至 21：00 熄燈或路燈減量等方式來進行改善保護。

2. 新道路或遊憩設施之建造

雌蟲翅膀退化成幼蟲狀，無法飛行，移動能力有限。另外幼蟲活動能力也不若成蟲範圍大，且初齡幼蟲死亡率較高，所以考量保育雌光螢族群數量的最高原則考量下，應避免在保護區整建、拓寬、開闢新道路或遊憩設施。另若有大型開發案如渡假村等，亦須經過嚴謹的環境評估，避免珍貴物種消失不復返。

3. 環境變動敏感

馬祖雌光螢主要捕食馬陸 (Millipede)，因此維護雌光螢生態的重要工作之一便是維護雌光螢的食物來源無缺。馬陸為陸生，又稱千足蟲，為倍足綱節肢動物，喜歡生活在潮濕地方，大多以枯枝落葉等有機質為食。枯枝落葉經自然分解後，形成土壤腐植質的一部分，良好的腐質層是許多蚯蚓、蝸牛、螞蟥、白蟻、馬陸及鼠婦等陸生無脊椎生物賴以生存之環境，也是螢火蟲幼蟲躲避與棲息的避難所，在提供地表濕度的維持上亦有一定功效，因此保護區內的枯枝落葉不必刻意移除。保護區內的草叢可做適當修剪，提早於發生季前一個月進行，雜草割除後留置原地，除可提供馬陸的食物來源，亦可提供更好的觀賞景觀。

由於雌光螢與馬陸對環境變動敏感，尤其是農藥的使用。保護區內及道路兩旁應禁用化學藥劑(如殺蟲劑、除草劑等)，以避免立即性的大量危害其族群。

4. 保育觀念

定期舉辦馬祖生物多樣性保育宣導與宣傳等相關工作，強化當地居民對於雌光螢的認識，提昇民眾及社區對生物保育資源觀念認知，並配合雌光螢發生季節，發展馬祖生態旅遊。藉此凝聚社區融入生態保育與生態傳承理念，落實生物資源保育與促進發展社區觀光，才能有助於雌光螢保護區環境的維持。

5. 族群監測

海島型特有生物之生態系統因棲地狹小，本來就相對脆弱，所以任何一生態環節因子出問題，很可能便將該物種推向不可逆之滅絕路，因此持續不斷的族群監測是維護保護區的基本重要工作之一。定期對各保護區域做雌光螢及馬陸族群數量做觀察監測，並監管、預防任何危害保護區生態之情事發生。

叁、分區規劃、保護利用管制事項及經營管理計畫

一、分區規劃

綜合考慮保護區內之自然資源特性與環境互動需求，及自然資源永續經營，將之規劃為核心區和緩衝區二部份。並分別擬定保護及經營管理計畫，以確保保護區內各種動植物資源的安全。

1. 核心區：北竿鄉(蝴蝶花谷、休閒廊道到碧山觀景台連接靈骨塔、橋仔聚落到芹壁)、莒光鄉東莒(氣壯山河到懷古亭、直升機場到加油站、東犬燈塔)、莒光鄉西莒(有容路區域、天后宮)，總面積 17.8354 公頃。
2. 緩衝區：核心區往外擴展 30 公尺之區域皆為緩衝區，總面積 23.1045 公頃。

二、保護利用管制事項

1. 共同管制事項

- (1) 禁止騷擾、虐待、捕捉、誘捕或殺害野生動物之行為。
- (2) 非經主管機關許可，不得任意野放或引進生物。

- (3) 非經主管機關之許可，禁止採集、砍伐或焚燒野生動植物之行為。
 - (4) 禁止任意丟擲垃圾、傾倒垃圾、任何事業廢棄物包括農漁業事業廢棄物、廢土及放置違章構造物及其他破壞自然環境之行為。
 - (5) 保護區公告前之區內既有建設、土地利用或開發行為，如對野生動物構成重大影響，主管機關得要求當事人或目的事業主管機關限期提出改善辦法。
 - (6) 在不破壞野生動物主要棲地及影響野生動物棲息情況下，主管機關得設置必要之保育維護設施、解說設施、自然公園或自然教室等。
 - (7) 水利、海巡、消防、警察等主管機關，如確為保護公共安全而需於本保護區內實施緊急搶修搶救處理維護，應於事件發生三日內通報主管機關。
 - (8) 車輛拋錨或民眾遇險需動力機械或其他交通工具進入救援時，若於事件發生時立即通報警察、海巡、消防或主管機關有案，救援行動不受罰。
 - (9) 為維護本保護區清潔、安全、推展生態旅遊、觀光遊憩及人文產業活動，允許生態觀察人員進出，主管機關得核定相關建造物之興辦及維護管理、環境清潔活動、割草、觀光遊憩及人文產業活動等計畫之實施。
 - (10) 其他依野生動物保育法、水土保持法等相關法令所規定之事項。
2. 分區管制事項：除上述規定外，各相關區域需額外加強管制之事項。
- a. 核心區：
 - (1) 非經主管機關之許可，禁止人員、動力機械及交通運輸工具進入。
 - (2) 非經主管機關之許可，禁止帶入、帶出任何生物或礦物。
 - (3) 基於學術研究、教學研究或其他必要之調查測量，須進入本區甚至採集野生動植物者，應先獲得主管機關許可。進入時應隨身攜帶許可文件及可供識別身份之證件以備查驗。

(4) 禁設自然公園、自然教室等任何引導民眾進入之設施。

(5) 任何對本區造成破壞或有危害之虞的行為，處分應從嚴從重。

b. 緩衝區：

(1) 除公設棧道、既有道路外，非經主管機關許可，禁止人員、動力機械及交通運輸工具進入。

(2) 除原私地主進行農業採收行為外，非經主管機關之許可，禁止帶入、帶出任何生物或礦物。

(3) 基於學術研究或教學參觀，須進入本區甚至採集野生動植物者，應先獲得主管機關許可，必要時主管機關得要求需有具備本保護區專業解說能力之人員帶領進入。進入時應隨身攜帶許可文件及可供識別身份之證件以備查驗。

三、經營管理計畫

連江縣政府得自行辦理或委託機關或團體經營管理本保護區。

1. 共同管理計畫

(1) 設置管理中心(或管理站)並置員工四名，以經營管理保護區。員工四名包括研究人員兼管理中心主任(或站長)一名、管理員二名、辦事員一名。

(2) 研究人員職司全區生態調查與監測，並辦理委託研究、錄影帶拍攝。

(3) 管理員職司全區巡邏兼環境整理維護，嚴密巡查區內有無違法情事。

(4) 辦事員職司各項行政工作及解說教育宣導等活動。

(5) 委託專家學者或機關團體進行區內各項生物資源調查及環境監測。

(6) 嘗試改善棲地，提供動物更多樣的棲息環境。

(7) 設置公告及解說牌，標示保護區之範圍、管制事項及解說教育等相關事宜。

(8) 全區巡邏，對於違反管制事項之行為予以勸導、制止或告發取締。

(9) 各項行政工作及志工招募培訓運用。

- (10) 配合各級學校團體辦理動植物解說及動植物生態研習營等活動，加強保育教育及觀念宣導。
- (11) 製作生態保育相關宣導摺頁、手冊、宣導品及保護區簡介錄影帶。
- (12) 藉電台、電視、報章雜誌等新聞媒體，宣導保育常識及保護區功能。
- (13) 審核核定相關建造物之興辦及維護管理、環境清潔活動、割草、觀光遊憩計畫及人文產業活動計畫。

2. 分區管理計畫

a. 核心區：

- (1) 設置永久樣區，長期進行區內各項生物資源調查及棲地環境監測。
- (2) 配合環保有關單位生物監測，觀察保護區內雌光螢及馬陸數量。
- (3) 嚴格執行管制事項，禁止任何開發利用、人員、動力機械及交通運輸工具進入，以避免核心區內環境遭到破壞。。
- (4) 除必要之道路修復或救災演練外，禁止觀光遊憩計畫及人文產業活動計畫。於本區進行必要之救災演練計畫需先經中央主管機關同意備查。

b. 緩衝區：

- (1) 審核核定相關建造物之興辦及維護管理、環境清潔活動、割草、觀光遊憩計畫及人文產業活動計畫。觀光遊憩計畫及人文產業活動計畫需報中央主管機關備查。
- (2) 在不破壞野生動物主要棲地及影響野生動物棲息情況下，主管機關得設置必要之保育維護設施、解說設施、自然公園或自然教室等。
- (3) 嘗試改善復育棲地，提供動物更多樣的棲息環境。
- (4) 加強巡查避免人為破壞。

肆、所需人力及經費

一、人力配合措施

1.目前人力：

目前並無專責人員負責保護區經營管理，僅由縣政府建設局推動成立保護區各項前置說明、推廣工作，並僱用數名在地人擔任臨時志工，負責區域巡查、調查等工作。

2.預計需求人力：

- (1) 研究人員一名，自行調查、監測全區生態並辦理委託研究、錄影帶拍攝，負責保護區經營管理權責、擬定各分區計畫、調派相關人力資源並督導人員確實執行。
- (2) 辦事員一名，辦理各項行政工作及解說教育宣導等活動、協助保護區經營管理等各項工作。
- (3) 管理員二名，負責定期、不定期巡邏全區兼環境整理維護，嚴密注意區內有無違法情事。查報取締各項違反保護區管制之非法行為工作。必要時會同市府及警察機關等相關人員協助處理。
- (4) 視實際需要，配合各項工作執行，雇用臨時工。
- (5) 安排志工協助辦理各項工作。

二、經費需求

經費需求如上述預計需求人力依政府機關相關規定編列。

伍、參考資料

王皓、林岳陞、陳鉅承、周思萍。2007。打著燈籠等情人—大場雌光螢。連江縣東莒國小科學展覽。

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。

何健鎔。2009。98 年度馬祖地區雌光螢生態棲地調查及鑑定書。連江縣政府委託報告。

何健鎔。2011。99 年度馬祖地區雌光螢生態棲地調查及鑑定書。連江縣政府委託報告。

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。

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。

陳燦榮、鄭明倫。2012。螢在西拉雅。交通部觀光局西拉雅國家風景區管理處。208 頁。

謝佳宏、何健鎔。2017。連江縣雌光螢歷年資料彙整。連江縣政府委託報告。

Ho JR, Chen YF, Cheng SH, Tsai XL, Yang PS. (2012) Two new species of *Rhagophthalmus* Motschulsky (Coleoptera: Rhagophthalmidae) from Matsu Archipelago, Taiwan with biological commentary. *Zootaxa* 3274: 1-13