

馬祖列島雌光螢族群分布調查

Population Distribution Survey of *Rhagophthalmus* species in Matsu Archipelago, Taiwan

方華德^{1,2} 呂俊緯¹ 蔡娜樺¹ 胡景瀚¹ 何健鎔[†] 謝佳宏^{2*}

Hua-Te Fang^{1,2}, Chung-Wei Lu¹, Na-Hua Tsai¹, Jing-Han Hu¹,
Jen-Zon Ho[†] and Chia-Hung Hsieh^{2*}

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 552南投縣集集鎮民生東路1號

²中國文化大學森林暨自然保育學系 111台北市士林區華岡路55號

¹Endemic Species Research Institute, No. 1, Ming-Shen East Rd., Jiji Township, Nantou County, Taiwan

²Department of Forestry and Nature Conservation, Chinese Culture University,
No. 55, Huagang Rd., Shilin Dist., Taipei City 111, Taiwan

[†]本文紀念已故何健鎔博士，馬祖列島二種雌光螢命名者。

[†] This article commemorates the deceased Dr. Jen-Zon Ho who is a namer of two
Rhagophthalmus species in Matsu.

* 通訊作者 e-mail: xjh4@ulive.pccu.edu.tw

*Corresponding author e-mail: xjh4@ulive.pccu.edu.tw

摘要

馬祖列島分布著2種特有種雌光螢，北竿雌光螢(*Rhagophthalmus beigansis*)和東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralus*)，但數量稀少且分布侷限。本研究調查並彙整2010至2019年資料，建立雌光螢數量變化及分布地點等基礎生態資訊。2種雌光螢發生期皆在3到5月。北竿雌光螢分布於北竿、大坵與高登，主要發生季為4月，東莒黃緣雌光螢分布於東莒與西莒，主要發生季為3月和4月。馬祖列島2種雌光螢的族群數量，大致呈現逐年減少趨勢，部分棲地因為工程開發而造成族群滅絕。本研究提供馬祖特有種雌光螢生態資訊於推動設立雌光螢野生動物保護區參考，達成生物保育馬祖特有種雌光螢之目標。

關鍵詞：連江縣、螢火蟲、北竿雌光螢、東莒黃緣雌光螢、野生動物保護區

Abstract

Rhagophthalmus beigansis and *R. giallolateralus* are two endemic firefly species rarely found in Matsu Archipelago, Taiwan. This study surveyed the two firefly species in Matsu Archipelago during the period of 2010 to 2019 to establish their basic ecological information, including their locations and population dynamics. The adult occurrence time of the two fireflies were from March to May. The major occurrence time of *R. beigansis* was in April on Beigan, Daqiu and Gaodeng islands. The major occurrence time of *R. giallolateralus* was from March to April on Dongiu and Xiju islands. The results showed that population size of two fireflies has been decreasing year by year, and some habitats have undergone population extinction due to engineering development. This study provides ecological information of the two endemic fireflies and serves to promote the establishment of wildlife refuge in order to achieve biological conservation of *Rhagophthalmus* spp. in Matsu.

Key words: Lienchiang County, firefly, *Rhagophthalmus beigansis*, *R. giallolateralus*, wildlife refuge

收件日期：2019年12月18日

Received: December 18, 2019

接受日期：2020年01月21日

Accepted: January 21, 2020

緒 言

螢火蟲係指螢科(Lampyridae)的昆蟲，種類多達2,200種(Slipinski *et al.*, 2011; Faust, 2017)。雌光螢科(Rhagophthalmidae)僅分布於亞洲地區，過去曾歸類於螢科之中，目前分類上為螢科(Lampyridae)的姊妹群(Motschulsky, 1853; Branham and Wenzel, 2003)。廣義上亦有學者將其納入螢火蟲的範疇(何等, 2009; 陳等, 2010)。雌光螢科自1910年後陸續有新屬發表，或是由其他類群的屬級併入其中，目前已知11個屬不足百種，而當中以雌光螢屬(*Rhagophthalmus*)種類最多，共記錄36種(Pascoe, 1862; Olivier, 1910; McDermott, 1966; Wittmer and Ohba, 1994; Branham and Wenzel, 2001; Kawashima and Satô, 2001; Kawashima and Sugaya, 2003; Li *et al.*, 2008; Kawashima *et al.*, 2010; Kundrata and Bocak, 2011; Ho *et al.*, 2012; Yiu, 2017)。

早期對於雌光螢的基礎研究極少，僅針對少數種類做過基礎生物學之描述(Green, 1912; Ridley, 1934; Haneda, 1950; Harvey, 1952)。主要是因為雄蟲通常不發光，因此採集不易，再加上雌雄形態差異極大，個別發現時很難聯想為同一物種(Li and Liang 2008; Ho *et al.* 2012)。此外，幼蟲為土棲性，且隱蔽性高，難以被發現與採集(Li and Liang, 2008)，也加深其研究的難度。直到日本產大場雌光螢(*R. ohbai*)的發表(Wittmer and Ohba, 1994)，隨後在生態習性、化學防禦、人工飼育、胚胎發育、發光行為及視覺生態等主題有更深入的研

究進展(Ohba *et al.*, 1996; Kobayashi *et al.*, 2001, 2002; Ohba, 2004; Lau and Meyer-Rochow, 2006; Lau *et al.*, 2007; Suzuki and Kobayashi, 2008)。臺灣產雌光螢研究起步較晚，大場雌光螢(*R. ohbai*)為最早確認的新紀錄種，並對其生物學有初步的描述(陳與何, 1998)。隨後陸續有賴氏雌光螢(*R. jenniferae*)及蓬萊雌光螢(*R. formosanus*)等新種之發表與基礎生物學及行為生態之探討(Kawashima and Satô, 2001; Kawashima and Sugaya, 2003; 陳等, 2010; 陳與鄭, 2012)，然相關的基礎生物學資訊仍舊缺乏。

馬祖地區自1956年後進入戰地政務時期，長達43年的軍管時期，因應軍事防務上的遮蔭掩蔽、水土保持和景觀性等需求，進行大規模植樹造林，軍管期間受到國軍良好的保護，也致使當地的動植物生態得以保存(曹, 2006; 何, 2009)。近20年來，連江縣政府積極發展觀光，結合專家學者整合在地生態資源。何(2009、2011)於馬祖地區進行雌光螢鑑定計畫，並命名發表2種馬祖特有雌光螢(Ho *et al.* 2012)，北竿雌光螢(*R. beigansis*)和東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralus*)，為馬祖雌光螢研究奠定良好基礎。本研究彙整2010-2019年調查資料，建立完整的族群分布、數量變化及生態行為觀察紀錄。

材料與方法

一、調查時間與樣點

本研究調查馬祖地區的北竿雌光螢(*R. beigansis*)及東莒黃緣雌光螢(*R.*

giallolateralus) (Ho *et al.*, 2012)，記錄期間為2010-2012年及2017-2019年。根據雌光螢主要發生期3-5月期間進行調查，每月調查1次；另有不定期調查，其中僅有一筆資料者，只列入分布成果。夜間調查的起始時間參考日沒時間(參考中央氣象局)，馬祖地區3-5月的日沒時間約18:00-18:50，入夜時間則落在18:30-19:20，每次調查時間視當天情況調整，調查工作於21:00前結束。調查地點主要以連江縣四鄉五島為主，包括南竿島、北竿島及其鄰近的大坵島和高登島、東莒島、西莒島和東引島，記錄種類、地理分布、出現時間與數量，並參考何(2009、2011)調查樣點設置調查樣線。

二、調查方式

雌光螢為夜間活動的昆蟲，發光行為是其兩性於夜間溝通的重要方式(Lewis and Cratsley, 2008)。發光行為與螢科特性不同，屬於持續發光不閃爍類型，夜間目視僅見單一螢光亮點。本研究採用夜間穿越線調查法，記錄沿途所見之雌蟲發光點位置與數量。

三、氣候資料紀錄

2017年在北竿島、東莒島和西莒島等雌光螢分布處，架設自動溫度計(HOBO data logger)記錄溫濕度等氣象資料，探討氣候與雌光螢發生時間與數量之相關性。待資料收集完成，調查者將裝置攜回實驗室中讀取資料進行彙整。

結果與討論

一、雌光螢分布狀態

根據2010-2019年的調查結果顯示，北竿雌光螢分布於北竿島、大坵島和高登島(圖1)，東莒黃緣雌光螢分布於東莒島和西莒島(圖2)，而南竿島與東引島並無發現雌光螢分布。

北竿雌光螢在2010-2012年間，發生高峰期4月調查到62隻次，中正公園的數量最高，環島北路(白馬尊王廟)次之(表1)。2017-2019年間，發生高峰4月調查到42-89隻次，環島東路(蝴蝶花谷至莒光堡)數量最高，蝴蝶花谷次之(表1)。其中中正公園與環島北路(白馬尊王廟)在兩個時期皆有調查，前者棲地已破壞，僅在周圍記錄零星個體，後者則是棲地可能受到光害的影響，未再發現。自2017年起重啟調查，單一樣區(線)的數量幾乎低於往昔記錄，且棲地多在道路、房舍及水庫等人工建物周邊，干擾程度較高，2017-2019年於大部分樣區(線)呈現下降的趨勢。

東莒黃緣雌光螢在東莒島的調查，2010-2012年間發生高峰3-4月調查到15-23隻次，故鄉民宿周邊的數量最多，氣壯山河次之(表2)。2017-2019年間發生高峰3-4月可調查到79-115隻次，直昇機場前方小路數量最多，直昇機場次之(表2)。西莒島在2011-2012年間5月份的調查，記錄到5-21隻次，敬恆國中小的數量最高(表3)。2017-2019年間，發生高峰期3-4月調查到38-95隻次，有容路數量最多，田沃路邊次之(表3)。東莒黃緣雌光螢在東莒島各樣點大致呈現逐年下降的趨勢，僅故鄉民宿周邊略升。西莒島各樣點則呈現逐年下降的

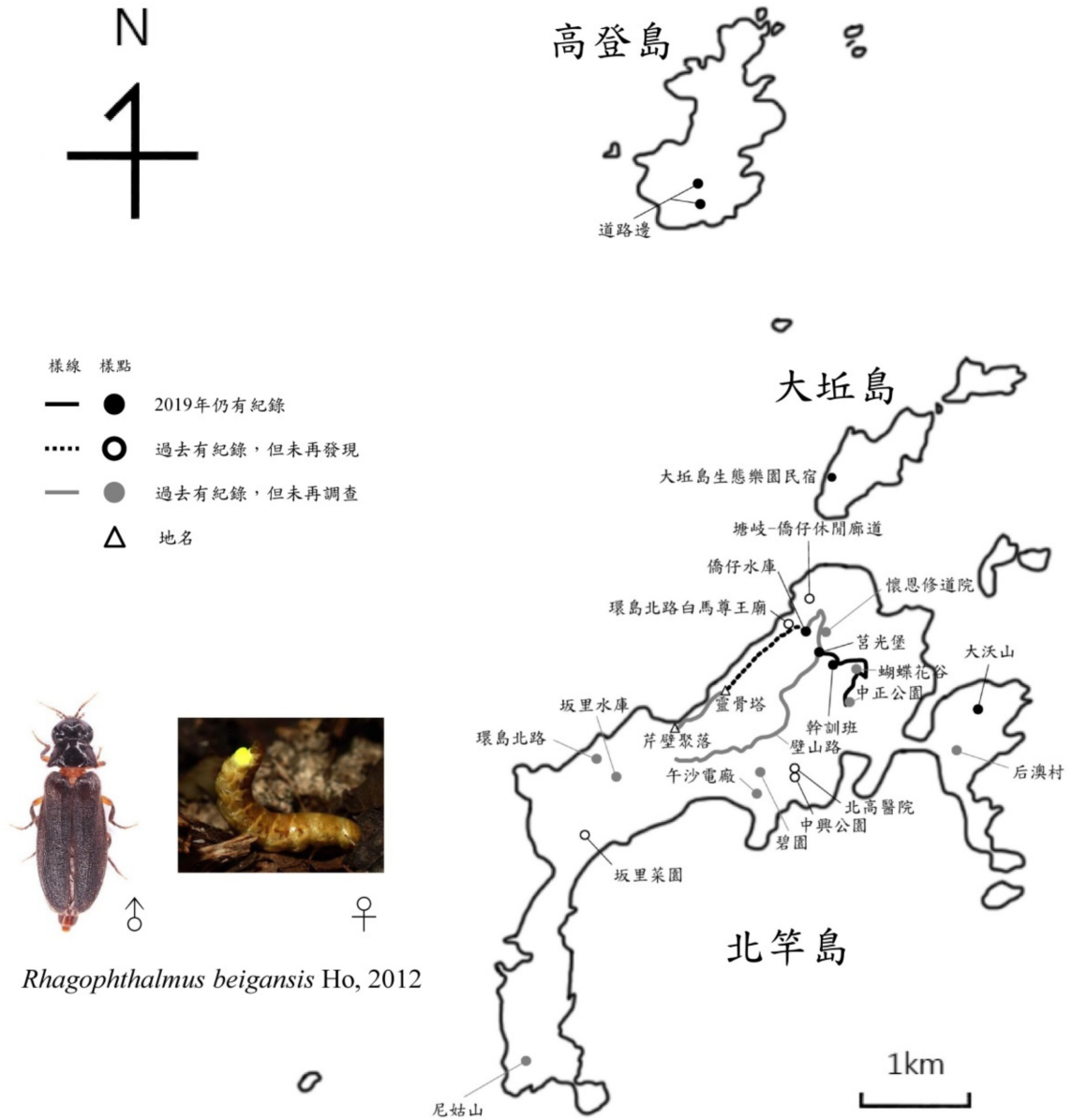


圖1. 北竿雌光螢於連江縣北竿鄉之分布。

Fig. 1. Distribution of *Rhagophthalmus beigansis* in Beigan Township of Lienchiang County.

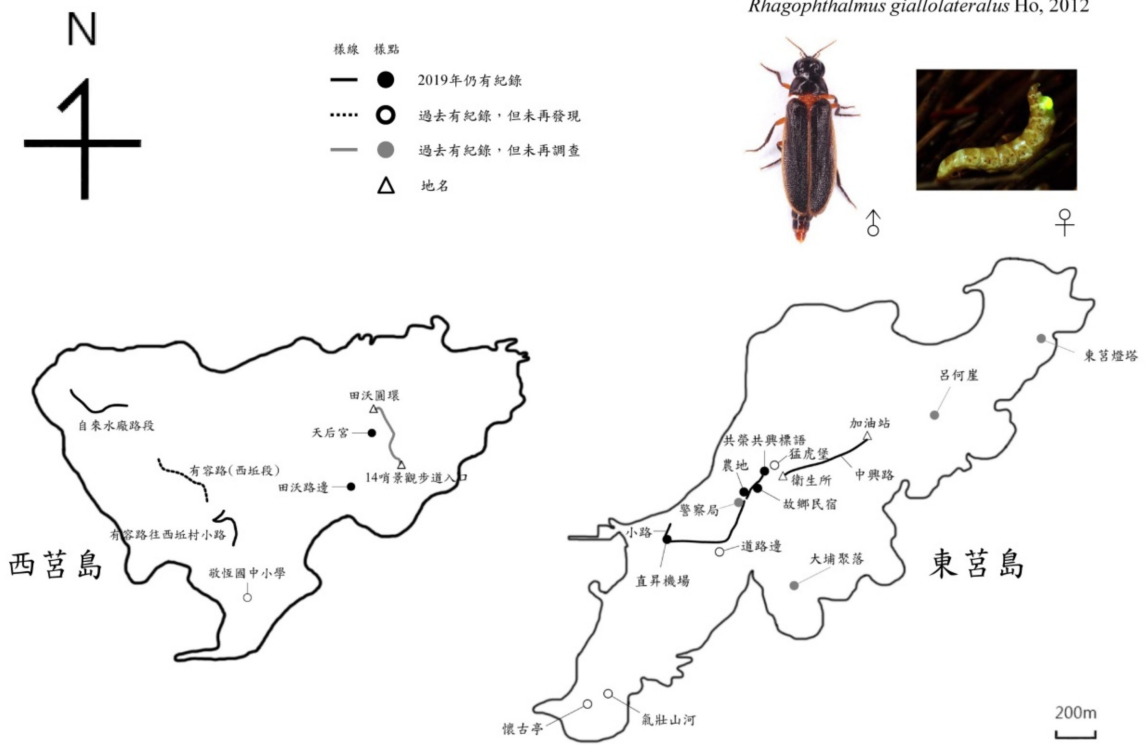


圖2. 東莒黃緣雌光螢於連江縣東莒島和西莒島之分布。

Fig. 2. Distribution of *Rhagophthalmus giallolateralus* on Dongju Island and Xiju Island of Lienchiang County.

趨勢。

本研究調查資料顯示，2月份未在各樣點發現成蟲，馬祖2種雌光螢成蟲出現時間主要介於3-5月。北竿雌光螢的發生期為3-5月，但3月於大部分的樣點未見雌蟲活動，高峰期為4月。東莒黃緣雌光螢的發生期為3-5月，東莒島和西莒島的高峰期在3-4月，但西莒島於5月仍可觀察到較多的個體。何(2009)曾發現北竿雌光螢的發生期較

往年有縮短與略為延遲的現象，認為與節氣延後有關。物候條件可能影響成蟲的發生時間，但2017年東莒島和西莒島於3-5月的溫溼度紀錄相似(表4)，二島雌光螢出現時間之差異應非氣候因子所造成，或是由多個因素共同影響，確切原因仍有待未來進一步釐清。

東引島根據在地民眾訪談紀錄，7-8月有螢火蟲出沒紀錄，觀察為飛行中不閃爍

表1. 2010-2019年北竿雌光螢在北竿鄉之分布地點與調查數量
Table 1. Locations and surveying number of *Rhagoththalmus beigansis* in Beigan Township in 2010-2019

地點	2010		2011		2012		2017		2018			2019	
	3/25	5/4	4/26-27	5/4-16	4/3-16	5/25	3/25	4/13-25	5/1-14	3/29	4/17-29		
蝴蝶花谷	-	-	-	-	20	0	0	1	0	-	0	-	0
莒光堡	-	-	-	-	5	0	0	17	0	0	3	-	3
僑仔水庫	-	-	-	-	13	0	0	6	0	-	2	-	2
塘岐-僑仔休閒廊道	-	-	-	-	6	0	1	0	0	-	0	-	0
舒慢活民宿	-	-	-	-	-	-	-	15	0	0	9	-	9
坂里菜園	-	-	-	-	9	0	0	0	0	-	0	-	0
環島北路(白馬尊王廟至靈骨塔)	-	-	-	-	9	0	0	0	0	-	0	-	0
環島東路(蝴蝶花谷至莒光堡)	-	-	-	-	-	-	-	34	0	-	1	-	1
環島東路(中正公園至蝴蝶花谷)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-	27
壁山路	-	-	11	13	0	-	-	-	-	-	-	-	-
高登島	-	-	-	-	-	-	-	16	1	-	-	-	-
大坵島	-	-	-	1	-	-	-	-	16	-	-	-	-
中正公園	0	-	30	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-
環島北路(白馬尊王廟)	0	3	21	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-

-表示未調查

表2. 2010-2019年在東莒黃緣雌光螢在東莒島之分布地點與調查數量
 Table 2. Locations and surveying number of *Rhagophthalmus giattolateralus* on Dongju Island in 2010-2019

地點	2010		2011		2012		2017		2018			2019		
	3/20-21	3/19	4/30	5/4	5/4	3/15-26	4/1-12	5/24	3/21	4/10-15	5/13	3/28	4/30	
共榮共興標語	-	-	-	-	-	3	13	-	0	2	0	23	4	
直昇機場	-	-	-	-	-	3	26	0	-	5	-	3	0	
直昇機場右側小路	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	0	72	0	
懷古亭	-	-	-	-	-	-	16	-	0	0	0	0	-	
氣壯山河	11	-	-	-	-	1	-	-	0	-	0	0	-	
故鄉民宿周邊	-	-	20	-	-	10	9	0	14	12	0	7	0	
中興路	-	-	-	18	-	-	9	0	0	4	0	6	0	
猛虎堡	4	0	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

- 表示未調查

表3. 2011-2019年在東莒黃緣雌光螢在西莒島之分布地點與調查數量
 Table 3. Locations and surveying number of *Rhagophthalmus giallateralatus* on Xiju island in 2011-2019

地點	2011		2012		2017		2018				2019		
	5/1	5/8	5/8	3/20	4/13	5/22	3/24	4/7-17	5/12	3/27	4/7	5/1	
天后宮	3	-	-	7	0	0	1	0	0	2	-	0	
有容路往西坵小路	-	-	-	-	74	0	5	43	4	1	3	5	
有容路(西坵段)	-	-	-	-	-	-	4	0	0	0	-	0	
田沃路邊	-	-	-	-	-	-	-	32	0	2	24	2	
自來水廠	-	-	-	-	-	-	9	1	0	6	-	0	
敬恆國中小	18	5	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	

- 表示未調查

表4. 2017年3-5月自動溫度計(HOBO data logger)記錄氣象因子
 Table 4. Temperature and relative humidity records from HOBO data logger from March to May in 2017

地點	時間	溫度°C			土壤溫度°C			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	3月	13.89	21.63	7.09	14.29	22.62	8.28	89.57	100	59.77
	4月	18.28	24.48	11.88	18.43	23.48	12.59	90.64	100	61.08
	5月	20.98	26.23	14.86	21.08	25.51	16.71	92.25	100	76.11
東莒	3月	14.23	22.42	8.39	14.68	18.43	9.97	87.43	98.87	56.57
	4月	19.00	24.90	12.15	15.59	23.29	14.70	87.98	100	55.48
	5月	21.55	25.74	15.77	22.04	24.55	19.09	90.16	100	66.32
西莒	3月	14.37	24.24	8.32	14.36	18.61	10.26	89.78	100	55.33
	4月	19.33	26.62	11.25	18.75	22.72	14.33	88.60	100	53.59
	5月	22.22	27.21	16.29	21.63	24.55	19.09	88.85	100	64.99

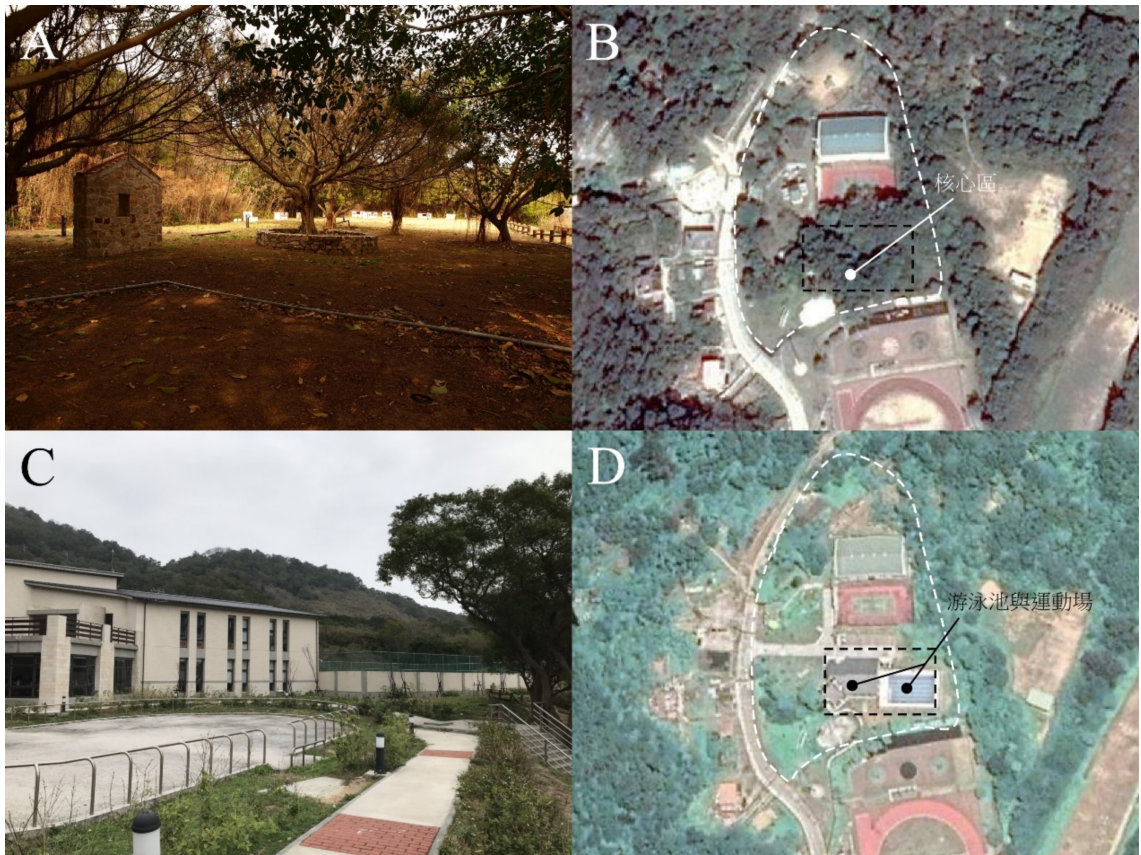


圖3. 中正公園之衛星影像照(取自Google earth)。(A) 2011年雌光螢分布核心區 (B) 2013年11月之歷史衛星影像 (C)2020年游泳池與運動場 (D) 2019年11月之歷史衛星影像。白色虛線標記為中正公園範圍、黑色虛線標記為施工範圍。(C) 圖由陳秀梅拍攝。

Fig. 3. Satellite image of Zhongzheng Park (from Google earth). (A) Core area of *Rhagophthalmus beigansis* in 2011 (B) Historical satellite image in November, 2013 (C) Swimming pool and sports ground in 2020 (D) Historical satellite image in November, 2019. The white dotted line is marked as the Zhongzheng Park area, and the black dotted line is marked as the construction area. (C) is photographed by Show-Mei Chen.

的光點，推測為螢科螢火蟲並非雌光螢。東莒島與西莒島距離約3 km，東莒黃綠雌光螢在二地皆有分布。南竿島與北竿島距

離約3 km，但僅在北竿島有雌光螢的紀錄。2017年介壽國中小的廖姓替代役男於南竿島的四維地區發現雌光螢幼蟲(詳見



圖4. 敬恆國民中小學與有容路(西坵段)。(A)2011年敬恆中小學國中部往國小部階梯 (B) 2011年階梯上行左側草叢為雌光螢棲地 (C)2019年階梯上行左側兩端各安裝一根照明裝置 (D)有容路(西坵段)內側為新設置的擋土牆。(C)、(D)圖由陳善濤拍攝。

Fig. 4. Municipal Jingheng Junior High and Elementary School, and Yourong Road (Xiju Section). (A) The stairway from junior high school region to elementary school region in 2011 (B) The weedy ground on the left side of upward path of the stairway is a habitat of *Rhagophthalmus giallolateralis* (C) Lighting devices are installed on upper and lower sides of the left side of upward path of the stairway in 2019 (D) The inside of Yourong Road (Xiju Section) was the retaining wall newly set recently. (C) and (D) are photographed by Shan-Hao Chen.

2017年7月21日馬祖日報)，樣本寄至特有生物研究保育中心進行鑑定，但樣本已死亡且蟲體腐壞，無法確認種類。本研究於2018-2019年在南竿島原發現地擴大範圍調查，皆未發現雌光螢分布。南竿島相較於北竿島，開發與建設程度較高，遊客等人為干擾亦較多，可能限縮雌光螢的生存空間。馬祖地區人為干擾、棲地破壞及光害嚴重等影響下，導致原有螢火蟲的族群大量降低，因此變得不易觀察，可能是未再發現的原因之一(何等，2017)。

二、雌光螢族群消長

北竿雌光螢在2011年4月份的調查，中正公園記錄到30隻次(表1)，但2017年卻僅發現到1隻個體，現地調查亦觀察到環境破壞情況。中正公園的雌光螢棲地與周邊環境原是林木覆蓋(圖3A)，如同2013年Google earth所記錄的歷史衛星影像(圖3B)，但在2016年以後的地景已見大幅變動，由游泳池與運動場取代，外圍則為裸露地(圖3C、D)。中正公園棲地破壞導致族群消失。蝴蝶花谷在2017-2019年間，調查數量逐年遞減。2018年曾觀察到樣點位置有施工情況，可能是造成數量減少原因。北竿遊客中心旁的坂里菜園，2017年曾有觀察紀錄，但往後年度未再發現，此處為農田區而經常性的農事活動，潛在的化肥或農藥使用，可能會影響其族群生存。

東莒黃緣雌光螢，2017年在東莒的直昇機場外側中興路上的兩側草叢調查到30隻，但2018年調查數據顯示族群量驟降(表2)，觀察到路邊植被遭移除導致土層裸露，推測除草活動破壞棲息地的，導致族

群數量下降。螢火蟲發生場域，建議除草活動在發生期的前一個月進行，並保留5-10cm的草長，剩餘的廢草會再覆蓋回原地，可保持棲地的溫溼度、隱密性與植被來源，以減少對棲地的破壞與干擾(Ho *et al.*, 2017)。

西莒島的東莒黃緣雌光螢，敬恆國中小在2011-2012年有雌光螢分布紀錄(表3)，主要棲地位於國中部與國小部間樓梯，靠近內側的草叢，以及向下延伸具部分裸露岩塊的邊坡(圖4A、B、C)，但該處在2017年後的調查皆未再發現任何個體。觀察推測該處照明燈具的設置，施工與光害可能是影響其族群生存的因素。此外，2018年有容路西坵段曾有觀察紀錄，但由於該路段於當年度後期進行擋土牆施作的工程(圖4D)，2019年則未再有紀錄，亦推測施工影響其族群生存。

三、生態行為紀錄

馬祖2種雌光螢雌蟲入夜後開始發光，常見於道路兩側的草叢之中，或是移動至稍微裸露的區域，有時也會攀爬至枝葉上，甚至垂直攀附在水泥護欄(油漆覆蓋)，可見其優異的攀爬能力。同一棲地內的雌蟲展示求偶發光，一般會保持一定距離，偶可見比鄰而立的發光，最近可達2-3 min。最晚至9點仍可見零星光點，每晚活動時間在2 hr以內，與賴氏雌光螢接近(陳等，2010)。何等(2012)曾在實驗室內進行北竿雌光螢的食性測試與行為觀察，發現幼蟲僅捕食倍足綱的馬陸(millipede)，捕食階段、取食過程與蛻皮時會發出螢光。本研究翻找石塊搜尋土棲幼蟲，預期在發生

期前約1個月可發現終齡幼蟲活動，但經搜尋並未發現，僅在發生期的5月份有3筆紀錄，雌光螢幼蟲具高度隱密性不易觀察(Kawashima *et al.*, 2010)。推測幼蟲可能選擇更隱密的環境進食，甚至鑽入土壤較深的位置。

雄蟲不發光或微弱發光不易發現，入夜後雌蟲開始發光，若鄰近有雄蟲活動，則在5-10 min以內可以透過雌蟲光點變暗來發現雄蟲(Ohba *et al.*, 1996; 陳, 2003; 何, 2011; 何等, 2017)。本研究在北竿芹壁一處小水池中，發現10隻落水掙扎的雄蟲，附近卻沒有雌蟲，但有多顆蛙卵漂浮在水面，在月光的映照下呈現些許反光，且雄蟲在蛙卵粒附近。雌光螢科的*Dodecatoma* spp.與*Menghuoius* spp.有在夜間趨光的紀錄(Kawashima *et al.*, 2010)，推測落水雄蟲可能趨光並受到反光蛙卵吸引。

馬祖的雌光螢有兩類發光器，第一類是位於腹部腹面第七節的大型白色發光器，第二類是位在腹部兩側及背側的微小點狀發光器(Ho *et al.*, 2012)。本研究採集多隻發光雌性個體回實驗室觀察，其中1隻產下受精卵的個體仍會舉尾發光，顯示交配過的雌蟲仍會出現求偶行為；而部分產下未受精卵的雌蟲，仍可觀察到小型點狀光。Kawashima *et al.*, (2010)提出雌蟲求偶時展示大型發光器，但交配後會完全改變發光形式，改由體側及體背的小點光，與本研究觀察具有差異。此外，本研究亦觀察到雌雄個體及幼蟲受到碰觸或干擾時，腹部末端會迅速移向干擾源，並分泌暗褐色帶有刺激性氣味之液體，可能為萘醌(1,4-naphthoquinone(NQ))類物質，其成分

推測是透過幼蟲階段取食馬陸所轉換而來(Hosoe *et al.*, 2014)。

雌光螢的行為特殊，不論是在成蟲的求偶與發光行為，或是幼蟲的生態習性與捕食行為等，與螢科的螢火蟲有相當程度的差異性，且仍有諸多未解之處。相較於臺灣本島的雌光螢種類，馬祖地區的2種雌光螢族群尚屬易見，適合未來深入探討其行為生態與生物學等相關議題。

謝誌

本研究感謝連江縣政府委託「98、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。本研究亦感謝連江縣政府委託「105、106、107年連江縣生物多樣性保育及入侵種管理計畫」及「108年度連江縣保護區及自然地景經營管理計畫」，感謝劉處長德全、賴科長文啟、陳科長慧雯、黃技士韻文、陳瓊君小姐及劉玉琳小姐等多方之協助。感謝張秀姁小姐與鄭恕涵先生等協助計畫執行與資料整理。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、北竿教會鄭牧師憲章及西莒友誼民宿陳善濬先生提供寶貴經驗與採集情報。公民科學調查感謝馬祖國家風景區許技正廣宗、黃致豪、李庭富、陳慧書、陳君業、黃祥晟、高文清、王禮義、王春萍及崔學皓等協助調查，在此一併謹呈謝意與敬意。

引用文獻

- 何健鎔。2009。98年度馬祖地區雌光螢生態調查及鑑定計畫成果報告。連江縣政府。117頁。
- 何健鎔。2011。99年度馬祖地區雌光螢生態調查及鑑定計畫成果報告。連江縣政府。87頁。
- 何健鎔、方華德、鄭恕涵、胡景瀚。2017。馬祖列島螢火蟲多樣性之研究。台灣生物多樣性研究 19: 147-160.
- 何健鎔、吳加雄、楊平世。2009。台灣螢火蟲生物多樣性之研究。台灣昆蟲特刊 13: 79-94.
- 何健鎔、鄭恕涵、方華德、陳陽發、楊平世。2012。北竿雌光螢幼蟲之捕食行為與發光現象。2012年動物行為、生態與全球變遷研討會，臺北市，臺灣。
- 陳燦榮。2003。台灣螢火蟲。田野影像出版社。台北市。255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。台南市白河區。207頁。
- 陳陽發、楊智凱、王介鼎、王亞男、何健鎔、楊平世。2010。臺大實驗林溪頭自然教育園區賴氏雌光螢（鞘翅目：雌光螢科）生物學及發光行為觀察。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 24: 195-208.
- 曹瑞芳。2006。海上桃花源—馬祖。連江縣政府文化局。連江縣。100頁。
- Branham, M. A., and J. W. Wenzel. 2001. The evolution of bioluminescence in cantharoids (Coleoptera: Elateroidea). *Florida Entomologist* 84: 565-586.
- Branham, M. A., and J. W. Wenzel. 2003. The origin of photic behavior and the evolution of sexual communication in fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Cladistics* 19: 1-22.
- Faust, F. L. 2017. Fireflies, Glow-worms, and Lightning Bugs. University of Georgia Press, Georgia.
- Green, E. E. 1912. On some luminous Coleoptera from Ceylon. *Transactions of the Entomological Society of London* 4: 717-719.
- Haneda, Y. 1950. Star-worm in Singapore. - *Shin-Konchu*, Tokyo 3: 2-5. (in Japanese)
- Harvey, E. N. 1952. *Bioluminescence*. Academic Press, New York.
- 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 Matzu Archipelago, Taiwan, with biological commentary. *Zootaxa* 3274: 1-13.
- Hosoe, T., K. Saito, M. Ichikawa, and N. Ohba. 2014. Chemical defense in the firefly, *Rhagophthalmus ohbai* (Coleoptera: Rhagophthalmidae). *Applied Entomology and Zoology* 49: 331-335.

- Kawashima, I., and M. Satô. 2001. Three new species of the genus *Rhagophthalmus* (Coleoptera, Rhagophthalmidae) from Southeast Asia. *Elytra* 29: 423-434.
- Kawashima, I., and H. Sugaya. 2003. A new species of *Rhagophthalmus* (Coleoptera, Rhagophthalmidae) from Taiwan. *Elytra* 31: 187-188.
- Kawashima, I., J. F., Lawrence, and M. A. Branham. 2010. Rhagophthalmidae Olivier, 1907. pp. 135-140. In: Leschen, RAB, Beutel RG, Lawrence, JF (eds). Handbook of Zoology, Coleoptera Volume 2: Morphology and Systematics (Elateroidea, Bostrichformia, Cucujiformia partim). Walter de Gruyter, Berlin.
- Kobayashi, Y., H. Suzuki, and N. Ohba. 2001. Formation of a spherical germ rudiment in the glow-worm, *Rhagophthalmus ohbai* Wittmer (Coleoptera: Rhagophthalmidae), and its phylogenetic implications. *Proceedings of the Arthropodan Embryological Society of Japan* 36: 1-5.
- Kobayashi, Y., H. Suzuki, and N. Ohba. 2002. Embryogenesis of the Glowworm *Rhagophthalmus ohbai* Wittmer (Insecta: Coleoptera, Rhagophthalmidae), With Emphasis on the Germ Rudiment Formation. *Journal of morphology* 253:1-9.
- Kundrata, R., and L. Bocak. 2011. Redescription and relationships of *Pseudothilmanus* Pic (Coleoptera: Rhagophthalmidae) - a long-term neglected glow-worm beetle genus from the Himalayas. *Zootaxa*, 2794: 57-62.
- Lau, T. F. S., N. Ohba, K. Arikawa, and V.B. Meyer-Rochow. 2007. Sexual Dimorphism in the Compound Eye of *Rhagophthalmus ohbai* (Coleoptera: Rhagophthalmidae): II. Physiology and Function of the Eye of the Male. *J. Asia-Pacific Entomol.* 10: 27-31.
- Lau, T. F. S., and V.B. Meyer-Rochow. 2006. Sexual Dimorphism in the Compound Eye of *Rhagophthalmus ohbai* (Coleoptera: Rhagophthalmidae): I. Morphology and Ultrastructure. *J. Asia-Pacific Entomol.* 9: 19-30.
- Lewis, S.M., and C.K., Cratsley. 2008. Flash Signal Evolution, Mate Choice, and Predation in Fireflies. *Annual Review of Entomology* 53: 293-321.
- Li, X. Y., and X. C. Liang. 2008. A Gigantic Bioluminescent Starworm (Coleoptera: Rhagophthalmidae) from Northwest Yunnan, China. *Entomological News* 119: 109-112.
- Li, X. Y., N. Ohba, and X. C. Liang. 2008. Two new species of *Rhagophthalmus* Motschulsky (Coleoptera: Rhagophthalmidae) from Yunnan, south-western China, with notes on known species. *Entomological Science*

- 11: 259-267.
- Motschulsky, V. 1853. Diagnoses de Coleopteres nouveaux, trouves par M. M. Tararinoff et Guschkewitsch aux environs de Pekin. Etudes Entomologiques 2: 44-51.
- Ohba, N. 2004. Flash Communication Systems of Japanese Fireflies. Integrative and Comparative Biology 44: 225-233.
- Ohba N., H. Goto, and I., Kawashima. 1996. Study on morphology, behavior, and habitat of the firefly *Rhagophthalmus ohbai* (=Iriomote botaru in Japanese name). Scient Rep Yokosuka City Museum 44:1-19 (in Japanese).
- Ridley, H. N. 1934. Further observations made in Singapore, upon geckos and distasteful moths and upon a luminous coleopterous, probably rhagophthalmid, larva. Proceedings of the Royal Entomological Society of London 9: 58-60.
- Slipinski, SA, Leschen RAB, Lawrence JF. 2011. Order Coleoptera Linnaeus, 1758. pp. 203–208. In: Z.-Q. Zhang (ed.). Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness. Magnolia Press, Auckland.
- Suzuki, H. and Y. Kobayashi. 2009. Embryogenesis of firefly: Phylogenetic implication of the family Rhagophthalmidae. Proceedings of International Symposium on “Diversity and Conservation of Fireflies” 30-35.
- Wittmer, W., and N. Ohba. 1994. Neue Rhagophthalmidae (Coleoptera) aus China und benachbarten Ländern. Japanese Journal of Entomology 62: 341-355.
- Yiu, V. 2017. A Study of Rhagophthalmidae and Lampyridae in Hong Kong with descriptions of new species Hong Kong with descriptions of new species (Coleoptera): Part 2. Lampyrid 4: 67-119.

