

# 螢光水影

水生螢火蟲的保育與復育

*Shadows of Firefly Glowing on the Water—*  
the Conservation and Recovery of Aquatic Firefly

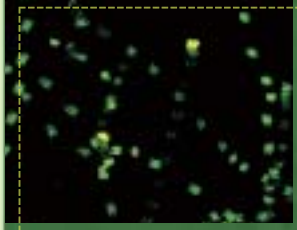
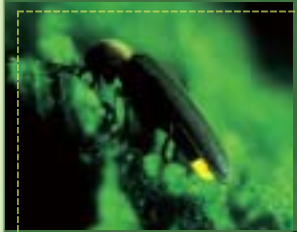
何健鎔、姜碧惠 著

財團法人  
中正農業科技基金會

行政院農業委員會  
特有生物研究保育中心

# 目錄

## CONTENTS



- 董事長序 / 4
- 主任序 / 6
- 中英文摘要 / 8、9
- 第一章 緣起 / 10
- 第二章 水生螢火蟲的形態 / 24
  - 一、成蟲形態 / 26
  - 二、幼蟲形態 / 27
  - 三、水生螢火蟲簡介 / 28
    - 黃緣螢 / 28
    - 黃胸黑翅螢 / 32
    - 條背螢 / 36
    - 鹿野氏黑脈螢 / 44
- 第三章 水生螢火蟲的生活 / 48
  - 一、生活史 / 49
  - 二、成蟲的生活 / 51
  - 三、卵的生活 / 56
  - 四、幼蟲的生活 / 57
  - 五、化蛹 / 68
  - 六、羽化 / 70
  - 七、成蟲的天敵 / 72
- 第四章 水生螢火蟲的分布及棲地特性 / 74
  - 一、分布 / 75
  - 二、棲地特性 / 78
  - 三、池塘常見水棲昆蟲 / 81
  - 四、溪流常見水棲昆蟲 / 86
- 第五章 水生螢火蟲的生態調查 / 90
  - 一、水生螢火蟲的水質分析 / 91
  - 二、攜帶式測定器 / 92
  - 三、簡易試紙檢測 / 94
  - 四、實驗室分析 / 95
  - 五、黃緣螢棲地 / 96
  - 六、黃胸黑翅螢棲地 / 96
  - 七、條背螢棲地 / 97
  - 八、鹿野氏黑脈螢棲地 / 97
  - 九、結語 / 97
- 第六章 水生螢火蟲的飼養與管理 / 98
  - 一、成蟲的飼養與採卵 / 100
  - 二、幼蟲的飼養 / 101
  - 三、黃緣螢幼蟲的飼養 / 101
  - 四、黃胸黑翅螢幼蟲的飼養 / 105
  - 五、鹿野氏黑脈螢幼蟲的飼養 / 105
  - 六、上陸與化蛹 / 106
  - 七、飼養時的病害 / 106
- 第七章 螢火蟲與生態旅遊 / 108
  - 一、國外有名發光性昆蟲的生態旅遊 / 110
  - 二、結合地方產業的賞螢活動 / 111
  - 三、螢火蟲展示規劃 / 113
  - 四、螢火蟲生態館 / 114
  - 五、賞螢列車的推廣 / 115
  - 六、賞螢步道 / 116
  - 七、結語 / 117
- 第八章 螢火蟲棲地維護與經營管理 / 118
  - 一、前言 / 119
  - 二、台灣窗螢棲地之經營管理 / 120
  - 三、黃緣螢棲地之經營管理 / 124
  - 四、賞螢期棲地管理注意事項 / 126
  - 五、結語 / 127
- 第九章 水生螢火蟲的解說教育 / 128
  - 一、用心看夜間的世界 / 128
  - 二、賞螢活動入門 / 130
  - 三、野外觀察活動基本裝備 / 134
  - 四、賞螢規範 / 135
  - 五、活動後的省思 / 135
- 第十章 水生螢火蟲之復育與人工棲地營造 / 138
  - 一、台灣黃緣螢復育事例 / 140
  - 二、日本螢火蟲復育事例 / 146
  - 三、結語 / 150
- 謝誌 / 151
- 附錄 / 152

## 第 2 章 水生螢火蟲的形態



交尾中的黃緣螢，也發出持續的光（左：雌；右雄）

### 分類地位

螢火蟲分類地位屬鞘翅目(Coleoptera)，菊虎總科(Cantharoidea)中的螢科(Lampyridae)與雌光螢科(Rhagophthalmidae)，成蟲為軟鞘類的甲蟲。全世界已記載螢火蟲種類約2,000種(McDermott, 1964)，其中以幼蟲陸生者居多，而幼蟲水生種類約僅6種(Yeh, 1999)，且多分布於亞洲地區，因此也格外的珍貴稀有，值得加以保育與重視。

在日本產水生螢火蟲中分別有源氏螢(*Luciola curciata* Motschulsky)、平家螢(*Luciola lateralis* Motchulsky)與久美螢(*Luciola owadai* Sato & Kimura)。而源氏螢是日本環境廳指定的天然紀念物，是重要的環境指標生物，近百年來皆受到良好的保護。久美螢為1992年在沖繩島發現所發表的新種，因此日本環境廳立刻將其列為緊急保育的物種，全面保護。可見其重要性。台灣產螢火蟲中幼蟲水生者已記錄3種，分別為黃緣螢(*Luciola ficta*)、黃胸黑翅螢(*Luciola* sp.1)與條背螢(*Luciola substriata* Gorham)；此外鹿野氏黑脈螢(*Pristolycus kanoi* Nakane)是半水生的種類，茲將這些物種介紹如下。

# 水 . 生 . 螢 . 火 . 蟲 . 簡 . 介

## 黃緣螢 *Luciola ficta* Olivier



黃緣螢成蟲交尾呈“一”字形（左雌右雄）

### 卵

乳黃色，球狀，約0.5-0.6公釐，多產於石壁的青苔或土壤縫隙間。

### 幼蟲

末齡幼蟲體長14.2-16.4 公釐，體寬2.1-2.3 公釐。

幼蟲體壁柔軟，黑色，背中線細，有些個體明顯，有些則不明顯。前胸背板前緣較後緣窄，上面具有4枚白色斑點，有些個體於末緣處還有2枚小白斑。背板具有許多細小點刻。氣管鰓黑色，端部白色。

頭部小，頭頂部黑色，末緣具透明之V字型紋。頭部之長度大於寬度。觸角細長，共3節，第1節約與第3節等長，末節具2枚扁平狀突起。大顎細長，黑褐色，於外緣3/4處向內彎，內側緣不具齒狀突，內側緣與外側緣具有濃密細毛。小顎鬚3節，如長圓錐體。下唇鬚2節，但僅1節外露，外表具有許多濃密細毛。腹部兩側具有16枚氣管鰓，氣管鰓略呈Y字型，一支較短著生氣孔，另一分支較細長為氣管鰓。發光器位於第8



黃緣螢卵產於青苔葉隙間



黃緣螢幼蟲集體取食螺肉

腹節體側方。尾足12枚，呈8-4排列方式，尾足腹面端部表面前4列為大原足鉤，餘為小原足鉤，呈多列環狀規則排列；背面則為小原足鉤排列。





**蛹**

蛹為裸蛹，乳白色。

**成蟲**

雄蟲體長14.8~15.0公釐，頭部黑色略縮於前胸背板下方，複眼並不發達，約占頭部的四分之一，觸角共11節，呈鋸齒狀，前胸背板黑色前翅紅色，翅緣黑色，前翅翅脈有些個體具黑色線條，發光器不明顯。雌蟲體長約16.9~17.2公釐，形態與雄蟲相似，但體型略較雄蟲為大。

**生活習性**

幼蟲半水生，分布於北部山區的小溝、瀑布與溪流旁之潮濕處。幼蟲會爬入水中捕食蠕類，拖到陸地上，再加以取食。幼蟲能利用體側板間之凹陷，貯存空氣，因此可以短暫的適應水中生活。幼蟲之大顎基部寬且短，容易夾住蠕類之殼壁。十年前烏來地區是觀察本種最好的場所，在小型瀑布的岩石上，可以看到數百隻幼蟲在發光，光呈黃綠色且持續，受到驚擾後，幼蟲則立刻不發光。



交尾中的鹿野氏黑脈螢（上雄下雌） / 陳家慶攝



體型與鹿野氏黑脈螢相似的昆蟲

## 第 3 章 水生螢火蟲的生活



黃緣螢交尾時的發光

### 一、生活史

一般學者專家將螢火蟲幼蟲生長環境分為陸棲型、水棲型與半水生型三類。幼蟲水生的種類有黃緣螢、黃胸黑翅螢、條背螢等，台灣目前僅發現3種。而其餘大多數的幼蟲為陸生。另有鹿野氏黑脈螢幼蟲生長在近水邊潮濕的地方，幼蟲能夠潛入水中捕捉蠕類，當蠕類被麻醉後，再將其拖到陸上加以取食，在取食的行為上十分特別，因此有些學者專家稱此為「半水生」型。

螢火蟲屬於完全變態類昆蟲，水生螢火蟲完整的生活史包括了卵、幼蟲、蛹及成蟲等四個階段。交尾後的雌成蟲會在靠近水邊的潮濕處如土表孔隙或苔蘚隙縫間產卵，卵期約為18-20天。幼蟲孵化後會爬進水中，捕食水中的螺貝類。幼蟲期約需80-300天不等，視生長環境溫度及幼蟲成長狀況而定，幼蟲每隔一段時間的成長後，便會蛻皮以便繼續成長，幼蟲在經過4-6次的蛻皮後，便會爬上陸地尋找適當的地點準備化蛹。老熟幼蟲在找到適當的化蛹場所之後，便會利用其唾液黏合著泥土或其他有機碎屑建築一「壺形土繭」，然後便躲藏於土繭中準備化蛹。幼蟲化蛹後經過7-10天的蛹期，便會羽化為成蟲。成蟲即為我們一般常見的螢火蟲，成蟲具有翅膀，可以飛行，成蟲期非常短暫，大約只有12-18天，通常雄蟲壽命較短，而雌蟲在交尾過後即尋找適當的地點產卵，完成繁衍下一代的重要任務。



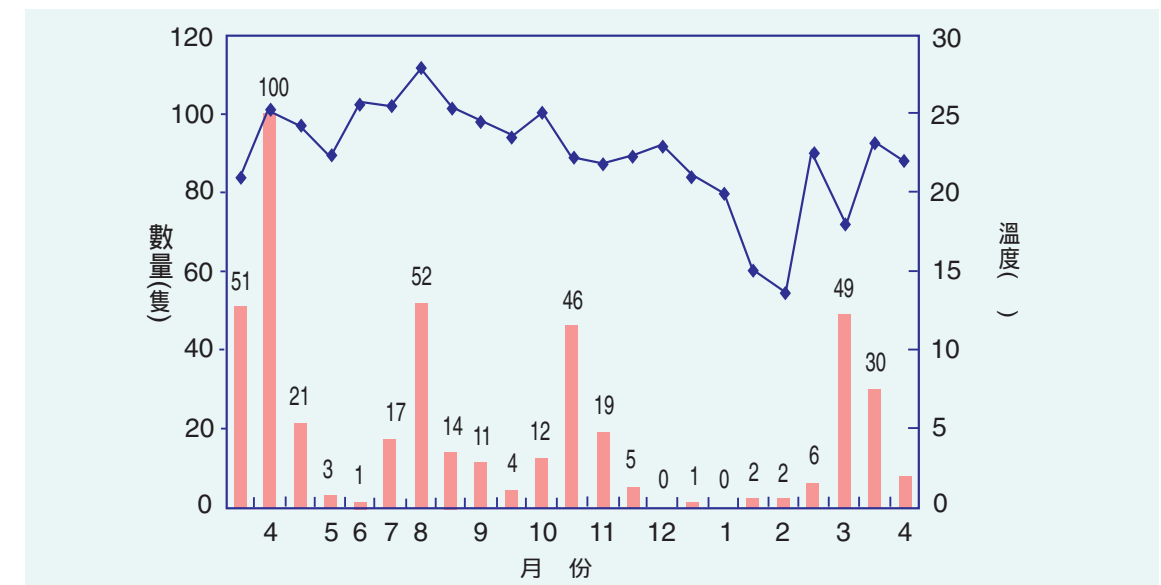
## 二、成蟲的生活

### 發生期

水生螢火蟲發生期並不一致，黃胸黑翅螢與鹿野氏黑脈螢發生期在3-5月間；條背螢發生期在4-10月間；黃緣螢發生期在3-10月間，發生期明顯的較其他種類為長。剛羽化後的成蟲翅很軟，呈乳白色，待翅逐漸硬化後，才從地面上爬出來，通常發生初期數量較少，爾後數量才漸漸增加，而早期出現以雄蟲居多，雌蟲則較晚出來。如源氏螢在日本西部與東部的雄蟲發生時間，在發生初期和後期就有明顯差異。夜行性的成



白晝是黃緣螢成蟲的休息時間



圖、南投縣桶頭地區黃緣螢每月發生數量與溫度變化



孔式呼吸的水生昆蟲，通常是有呼吸管(siphon)可以升到水面上，或是利用防水毛以區隔水與空氣，如鞘翅目中的龍蟲或牙蟲的幼蟲。條背螢一齡幼蟲可以長時間在水中活動，可能以其體側有許多刺狀突起有關，可以用來進行氣體的交流，而二齡幼蟲卻不能長時間的停留於水面下，必須到水表面呼吸，這種轉換的情況是在水生昆蟲中所罕見的現象。

**捕食**

水生螢火蟲幼蟲多屬於負趨光性，白天幼蟲會安靜的躲藏在石頭、沙堆、枝葉、洞穴或泥土中躲藏，有些地棲性的幼蟲會鑽到土中營洞躲藏，且將身體拱起。黃緣螢幼蟲會在水域間的底質上爬行活動，一邊爬行，一邊發光，找尋底質上的獵物，如螺貝類。而鹿野氏黑脈螢屬於半水生種類，幼蟲在潮濕陰暗

處生活，會潛入水中捕食螺貝類。由於幼蟲在生態棲位上的不同，且有明顯的分化現象，因此，對於取食的食物也產生了特化，這是否與食物間的共同演化所造成，此過程的研究，值得加以注意與記錄。

水生螢火蟲幼蟲的捕食行為是非常有趣的過程，基本上在捕食時與陸生的螢火蟲十分類似，如陸生的窗螢類捕食

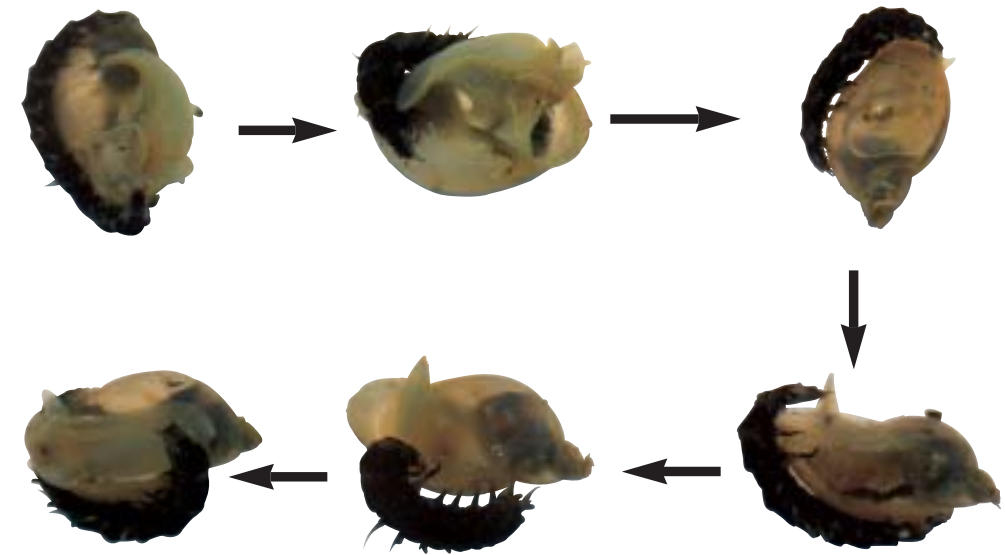
蝸牛。以黃緣螢為例，來說明水生螢火蟲捕食行為。黃緣螢幼蟲會在水域間的底質上爬行，找尋螺貝類為食。如果底質為泥質的淨水域，螺貝類的步行有一條長長的痕跡，因此幼蟲很容易循著痕跡找到椎實螺的位置，幼蟲先爬上椎實螺殼上，當椎實螺發現有物體在背上，便會左右旋轉以便擺脫甩掉殼上幼蟲，此時幼蟲站在背後，首先以端部尖細的



龍蟲幼蟲呼吸方式屬寡孔式



黃緣螢口器腹面觀



黃緣螢幼蟲捕食過程



### 七、成蟲天敵

不張網的蜘蛛類隨時會躲在水邊上，雌蟲在水邊的青苔上產卵時，會被這些流浪蜘蛛類所捕食。水生螢火蟲的棲地間的植被完整，孔隙度高，張網的蜘蛛類已經將網作好，準備晚餐的來臨，如銀腹蛛類(*Leucauge* spp.)。成蟲於日落後，才慢慢地起飛，一不小心便會

被蜘蛛網所黏住，在掙扎中以觸動網子，在一旁守候的蜘蛛，立刻上前捕捉，先以麻醉液注入成蟲體內，再以蛛絲固定蟲體，成蟲體被密密地網綁住。此時成蟲仍會發著光，但已無法逃脫。除了蜘蛛是成蟲的主要天敵外食蟲椿科(*Reduviidae*)之昆蟲、陸生渦蟲及鞭蝎等，都是其捕食性天敵。



成堆黃緣螢屍體是被蜘蛛取食後的場景，最後螞蟻將牠抬回家。



被蜘蛛捕食的產卵中黃緣螢雌蟲



黃緣螢常被張網於水邊的銀腹蜘蛛捕食



夜間的陷阱極多，飛行中的黃緣螢一不小心便成為蜘蛛的晚餐。



高腳蛛捕食產卵中的大端黑螢雌蟲

## 第 4 章 水生螢火蟲的分布及棲地特性



發光中的黃緣螢

### 一、分布

根據何(2002)的調查記錄台灣水生螢火蟲棲地共51處。台北市8處，宜蘭縣3處，台北縣9處，新竹縣5處，苗栗縣4處，台中縣3處，南投縣13處，雲林縣1處，嘉義縣1處，台南縣3處，金門縣1處。以種類而言，黃緣螢棲地40處最多；黃胸黑翅螢棲地17處；條背螢棲地3處；鹿野氏黑脈螢棲地4處。在地理分布上台灣的西半部有水生螢火蟲分布，且主要集中在中北部水資源較豐沛的地區；而東半部之台東縣與花蓮縣至今尚未記錄水生螢火蟲之棲地。從物種歧異度指數而言，北部地區最高，中部次之，而南部最低。



# 靜

## 池塘常見水棲昆蟲

岸邊水草叢生的池塘、沼澤湖泊是水棲昆蟲的天堂，像蜻蜓、水黽、這些生活在水面上或水中的昆蟲都是黃緣螢棲地間十分常見的水生昆蟲。



大負子蟲雄蟲 (*Sphaerodema rustica* Fabricius)



小仰蜻 (*Anisops genji* Hutchinson)



昧影細蟴 (*Ceriagrion fallax fallax* Ris)



蛾蚋 (Moth fly)



日本紅娘華若蟲 (*Laccotrephes japonensis* Scott)



褐斑蜻蜓  
*Brachythemis contaminata* (Fabricius)



水黽 (water strider)



水螳螂 (*Ranatra chinensis* Mayr)



## 第 5 章 水生螢火蟲的生態調查



水生植物豐富的地區是水生螢火蟲良好的棲地

### 一、水生螢火蟲的水質分析

螢火蟲是一個很好的指標生物，由於水生螢火蟲的幼蟲生長於水中，與水的關係十分的密切，水質的好壞直接影響幼蟲的生存甚巨，因此為了解水生螢火蟲棲息環境的條件，水質調查是一項很重要的工作，調查項目包括水溫、pH值、溶氧、導電度等。有了這些珍貴的數據，對於螢火蟲的飼養，與棲息地的復育提供了明確的參考依據。



## 第 6 章 水生螢火蟲的飼養與管理



發光中的台灣窗螢

**從**前台灣曾是螢火蟲的天堂，漫天飛舞的螢火蟲，曾陪伴著許多小朋友渡過寂寞的夜晚，為夜色增添了些許的光彩與歡樂的氣氛。然而近年來由於水源的污染、農業化學藥劑的大量使用、光害、以及耕作方式的改變，使得水生螢火蟲的生存環境逐漸被壓縮，數量也大為減少。因此螢火蟲的復育工作迫在眉睫，而復育螢火蟲除了對於其生存環境的調查研究與棲地維護之外，飼育螢火蟲以了解其生活史與種源保存便成為首要的工作。

早期飼養水生螢火蟲是以水族缸為容器，加上過濾系統，可在室內飼育平家螢與源氏螢。Ohba曾建立一個小型封閉式生態系來飼養幼蟲，在水族缸內佈置水草、枯木、砂石粒、枯葉與小岩石等，並配上植物生長燈，以利藻類在其內生長，供螺類取食，螺類再供螢火蟲幼蟲捕食，構成生態系中簡單的食物鏈關係，並可作為環境教學之生態觀察箱。在台灣黃緣螢則是最早利用人工飼育方法來繁殖的水生螢火蟲，以玻璃製水族缸為容器，配上打氣幫浦及照明設備等裝置，餵食河螺，可以完成生活史。以下就針對各種螢火蟲之飼養方法作簡單的介紹。

## 第 7 章 螢火蟲與生態旅遊



螢火蟲野放是親子活動的良好教育

近年來不少休閒農業舉行了許多的賞螢活動，這些活動目的雖有所不同，但以螢火蟲為主題，除了可以讓民眾能夠深入的認識螢火蟲外，也教導民眾與小朋友能夠重視保育工作。因此目前在規劃螢火蟲展示時，期望能與保育工作相結合，進而達到全面性的保育螢火蟲。



螢火蟲展示活動

## 第 8 章 螢火蟲棲地維護與經營管理



水生植物池

### 一、前言

行政院農業委員會為了因應加入WTO後對於農業之衝擊，已積極推動農業轉型與精緻農業，休閒農業是其中一項重要的工作，結合生態旅遊與地方產業，並且兼顧環境與生態保育，開創新的農業契機。目前在政府及各地區農會輔導下，已有良好成果，不但帶動農產品之促銷，增進民眾對於農業之認識外，並可提高農民收益，以繁榮地方；對一般民眾而言，也提供了休閒旅遊的良好場所。這些傳統的休閒農場，具優越之生態資源、地理景觀與文化資產，如能善加規劃與利用，改善經營方式，使遊客能悠遊於林間與田野，觀賞螢火蟲發光飛舞，傾聽蟲鳴鳥叫，在充滿生機的生態環境中，使人產生寧靜的感覺，並與大自然融合為一，真實享受自然美景。

## 第 9 章 水生螢火蟲的解說教育



黃綠螢發光

### 一、用心看夜間的世界

欣賞螢火蟲，請放鬆心情，丟開一切的煩擾，用心來感受大自然發光的小精靈。居住在城市的民眾與小朋友，通常多在良好照明之下活動，幾乎很少在黑夜間摸索，或是尋找東西，因此夜視的功能相當不良。如果能夠利用觀察螢火蟲夜間活動的機會，用您的視覺、聽覺與嗅覺，靜靜的，用心來比較其中不同的感受。



賞螢活動的解說

## 第10章 水生螢火蟲之復育與人工棲地營造



休息中的黃緣螢成蟲

**台**灣產水生螢火蟲中以黃緣螢的分布最為普遍，是台灣早期西部平原間最常見的螢火蟲。目前在人工飼養與種源保存的技術上，都經一一克服，因此人工棲地營造，可作為保育水生螢火蟲之基礎。台灣雖然在水生螢火蟲復育事例不多，但總是有一些例子可供參考。此外日本在水生螢火蟲復育工作已能結合生態工法，將源氏螢的棲地改良與保全，值得借鏡之處甚多，茲介紹如下：



國家圖書館出版品預行編目

螢光水影：水生螢火蟲的保育與復育 =  
Shadows of Firefly Glowing on the Water :  
the Conservation and Recovery of Aquatic Firefly  
何健鎔、姜碧惠著.--南投縣集集鎮  
農委會特有生物中心,民91  
面19 x 20公分  
ISBN : 957-01-2943-3 (平裝)  
1.螢火蟲  
387.785 91022973

螢光

*Shadows of Firefly Glowing on the Water—*  
the Conservation and Recovery of Aquatic Firefly

發行人 / 葛錦昭、顏仁德  
策劃 / 陳炯松、何源三  
總編輯 / 陳啟峰、彭國棟  
審編 / 劉易昇、黃獻文  
作者 / 何健鎔、姜碧惠  
攝影 / 何健鎔、姜碧惠、張連浩  
美編 / 謝汝宜  
繪圖 / 謝汝宜、姜碧惠  
協助調查 / 朱建昇、朱建昌、張連浩  
出版 / 行政院農委會特有生物研究保育中心  
財團法人中正農業科技社會公益基金會  
地址 / 南投縣集集鎮民生東路一號 049-2761331  
台北市忠孝東路一段10號4樓 02-23415264  
委辦單位 / 財團法人中正農業科技社會公益基金會  
網際網路網址 / <http://www.tesri.gov.tw>  
印刷 / 舜程印刷有限公司 (04) 23214125  
出版日期 / 中華民國九十一年十二月  
售價 / 新台幣420元整  
G P N / 1009103586  
I S B N / 957-01-2943-3

水生螢火蟲的保育與復育

展售處：三民書局：台北市衡陽路20號 (02)23617511  
五南文化廣場：台中市中山路2號 (04)22260330  
新進圖書廣場：彰化市光復路177號 (04)7252792  
青年書局：高雄市青年一路141號 (07)3324910

圖文轉載需經作者同意