

## 記述一種香港的螢火蟲：鄭凱甄怪眼螢(二)

文／鄭明倫・圖／饒戈、鄭明倫、陳燦榮、張志遠

### 摘要

弩螢是一類不典型的螢火蟲，分類上被歸類為鞘翅目螢科(Lampyridae)的弩螢亞科(Ototretinae)，雄蟲通常僅有點狀的發光器或完全闕如。弩螢亞科當中包含兩大類，一類主要是日行性，以弩螢屬(*Drilaster*)為代表，兩性成蟲的形態差異不大；另一類以垂鬚螢屬(*Stenocladus*)為代表，可能主要為夜行性（雄蟲白天晚上都看得到，但是雌蟲只有在夜間被看到）。全世界有 21 個屬約 100 種，主要分布在亞太地區。怪眼螢屬(*Oculpgryphus*)是 2007 年才被描述的弩螢類，原先有 3 種，分布在越南與中國四川/重慶。2017 年在香港的大嶼山島發現第 4 個物種，2018 年由我們發表命名為鄭凱甄怪眼螢(*O. chenghoiyanae*)。這是怪眼螢屬第一次有雄雌蟲同時被發現，確認本屬種類應該也都具有高度幼態型(paedomorphic)的雌蟲，同時也對該種的棲息環境與發光習性做了觀察記錄，此外還發現雌蟲在紫外光照射下能發出藍綠色螢光(fluorescence)，這是螢科首度有 UV 致螢光紀錄。

關鍵詞：弩螢、怪眼螢、垂鬚螢、幼態型雌蟲、螢光、香港

## 怪眼螢的發光行爲

若單單根據標本外觀，很難判斷一些看不出發光器的螢火蟲到底能不能發光。2007 年發表怪眼螢屬的模式種 *O. fulvus* 時便曾遭遇這樣的問題，只能從雄蟲的巨大複眼和相對短小的觸角推測雌蟲應該會發光吸引雄蟲，但雄蟲本身則難以推論。鄭凱甄怪眼螢提供了觀察行爲的機會。本種在 5 月出現在干擾林地，很可能是純夜行性。雌蟲在日落後約 45 分鐘從林下隱蔽處現身，並開始發光，時間持續約一小時。從外觀上看，雌蟲並無明顯的發光器，卻能從腹部第 7 節兩側內部發出明亮的黃綠光（圖 1），數公尺外都看得到。若以手電筒光線直射，雌蟲會躲回土中或落葉下。雄蟲外觀也沒有明顯的發光器，在飼養杯裡牠們偶爾會在黑暗中從腹部末端兩側發出兩個微弱的光點（圖 2）。與近緣的垂鬚螢屬相比，兩個屬的雌蟲與雄蟲的發光位置與大小都類似。

## 怪眼螢雌蟲的 UV 致螢光：是否是適應？

從怪眼螢的雌蟲身上我們首度報告了螢科的紫外光致生物螢光(UV-induced biofluorescence)（圖 3），但是在更大尺度的視角上，同時具有生物發光（或稱生物冷光，bioluminescence）和生物螢光使得牠在陸域生態系中非常特別，雖然這個現象在海生生物中還算普遍。不過跟同時具有兩者的動物相比，怪眼螢的生物螢光與生物發光機制是相互獨立的，跟發光水母或發光又有螢光的馬陸並不相同（其生物發光的光被螢光蛋白吸收後發出螢光，最後顯示的是生物螢光，詳見館訊 360 與 361 期「照亮生命科學的地球微光」系列文章）。前者有明確的求偶功能，但螢光呢？

這十多年來，UV 致螢光陸陸續續發現存在許多陸域動物中，蠍子是大家最熟悉的例子，其他如蜘蛛、昆蟲，甚至脊椎動物中的鳥、蜥蜴、蛙等都有許多報告，科學家提出的功能性假說也五花八門。但是 UV 致螢光只有在有 UV 光照射下才能產生，夜間沒有 UV 光或很微弱，不能激發此類螢光，而且狹義的螢光是可見光，除非背景光太強，不然肉眼應該看得到。換言之，如果怪眼螢雌蟲只在夜間活動，應該無法發出螢光；若夜間自然界中有 UV 能激發螢光，在黑暗中肉眼也應該看得見，但是並未見。基於這些原因，我們推論怪眼螢雌蟲的螢光應屬非

功能性，也許只是某些長鏈蛋白質的特性。Wiesenborn(2011)觀察了許多昆蟲的螢光現象後，發現其分布有兩類，一類多半存在於柔軟的表皮或節間膜，螢光比較分散，可能這些部位有較高的蛋白質含量（他推測氮的含量和螢光量有關）；另一類則是高度集中在某些關節或是需要彈性的部位（如翅鍵骨區、翅脈），可能是節肢彈性蛋白(resilin)所產生的藍色螢光。此外，昆蟲的複眼似乎都有這類藍色螢光，怪眼螢雄蟲和其他螢火蟲也不例外。Marshall and Johnson (2017)檢討了過去許多的螢光功能假說，發現多數都缺乏真正的生理或行為生態證據支持。的確，若未一併考量這個動物的活動時間和環境，要說其 UV 致螢光具有功能在證據力上是令人存疑的。

文章審查時主編認為白天或黃昏時怪眼螢雌蟲被天敵從陰暗處找出來，因此 UV 致螢光仍可能具有警戒功能。我們無法排除雌蟲在黃昏時會活動，或許有產生螢光的機會，但這畢竟只是單純猜想。此外，螢火蟲發光本身就具有警戒功能，而且比螢光更明亮，所以我們並不認為螢光能有警戒功能。在修稿時用比較概括性的陳述將主編的意見納入。不管如何，以科學方法來說，沒有功能應該要被當成虛無假說(null hypothesis)，看有沒有足夠證據可以推翻，而不應該一開始就假設有功能，千方百計想盡各種解釋去套用。

文章發表後，我們最近也檢驗了許多螢火蟲，發現無論日行性和夜行性種類，只要有明顯發光器的部位都有螢光(圖 4)，身體其他部位不是很微弱就是沒有(圖 5)，即使如短角窗螢(*Diaphanes*)、窗螢(*Pyrocoelia*)或扁螢(*Lamprigera*)的幼態雌蟲也是如此(圖 6-8)。這顯示骨化程度低的表皮和脂肪細胞僅是微弱螢光來源，反而發光素(luciferin)本身可能是較強的螢光物質。怪眼螢雌蟲幾乎全身都有 UV 致螢光，意味牠們或許能如垂鬚螢(*Stenocladus*)雌蟲般全身發出綠色光(圖 9)。這些觀察也更加支持螢火蟲的 UV 致螢光應是非功能性的。

## 回響

這篇論文的重點並非新種，而是隨著這個機會帶出來的更多的生物學意義。每個生物物種都像個拼圖片，是個載具，藉由研究而能告訴我們在演化、生態、多樣性、譜系等方面的吉光片羽，甚至石破天驚地填補知識的鴻溝。先前三個怪眼螢新種只提供了一些多樣性、分布和演化的訊息，而這次的鄭凱甄怪眼螢則為這個屬，乃至弩螢「亞科」和生物螢光現象提供了更多資訊。

文章發表後的隔天，意外地成爲香港眾多媒體的某版頭條，重點多半集中在以鄭凱甄女士命名的意義上，對香港社會、醫療人員、器官捐贈者及鄭凱甄本人，都有極大的鼓舞和肯定。

「鄭凱甄與母親鄭太均對消息表示高興，阿甄指完成手術已近一年，驚訝還有人記得她，又笑言『螢火蟲都幾浪漫』。瑪麗醫院行政總監陸志聰回應，對鄭凱甄的善行得到國際認同，十分開心，相信這有助推動器官捐贈。他又認為，有關消息會鼓舞捐贈者、受贈者、家屬與醫護人員。」 —明報

「香港昆蟲學會副會長饒戈指：『對我們來說，是很大的感動，我們認為對社會是很好的啟示，感覺好像螢火蟲在黑暗中發光，雖然亮度不是很高，但在黑暗中是很突出的標記。』」 —TVBUS

我很訝異一個新種昆蟲的發表能在香港造成這麼大回響，但也可以讓我們想想，科學家的研究可以爲這個社會做些什麼，宣傳科學的重要性反而次要。我們先是一個人類，然後是一個國民，一個公民，一個科學家，一個生物學家，一個昆蟲學家，最後才是一個昆蟲分類學家，沒有必要一開始就限制自己只該做一個 XX 家的事情。



圖 1-2. 鄭凱甄怪眼螢(香港)雌蟲(1)與雄蟲(2)的發光(饒戈攝)



圖 3. 鄭凱甄怪眼螢雌蟲在 UV 光下全身發出藍綠色螢光(饒戈攝)



圖 4. 夜行性的黑翅晦螢(臺灣)雄蟲(左欄)與雌蟲在白光(上排)和 UV 光下的體色變化，發光器有明顯的 UV 致藍綠色螢光。



圖 5. 日行性的橙櫛角螢(中國)雖然體色明亮，但在 UV 光下並無螢光現象(陳燦榮攝)。



圖 6. 某種夜行性短角窗螢的幼態雌蟲(中國)，身體柔軟，表皮骨化程度較低，在 UV 光下有微弱螢光，但發光器則有明顯藍綠螢光(陳燦榮攝)。



圖 7. 某種夜行性窗螢幼態雌蟲(日本)，同樣也是身體僅在節間有微弱螢光，但是腹部發光器和頭部有明顯藍綠螢光(陳燦榮攝)。



圖 8. 夜行性扁螢幼態雌蟲(臺灣)，淡黃色的身體幾乎沒有螢光，僅腹部末端的發光節有藍綠螢光(陳燦榮攝)。



圖 9. 垂鬚螢的幼態雌蟲(臺灣)，除了腹部兩點發光器能發出明亮的黃綠光外，全身還能發出淡淡的綠光(張志遠攝)。