

生物螢光在生態上的效應

何耀坤

台南市光華女中

日據時期台南市運河中常有夜光蟲，尤其夏季蟲數較多。我在中學生時代於夏季至秋季時，偶而在夜間到運河邊，若投入石塊於河水面使水面振動時，可看到水面引起發光。

生物為何產生螢光？像似簡單，其實是很難清楚的問題，從古至今就有許多學者提出各種不同的見解。如日本曾經研究螢火蟲的神田左京氏說，生物的螢光沒有任何目的，只是在其細胞中有螢光物質，而否定了螢光生物具有光的效用。可是住在深海的螢光魚類或螢光烏賊，在體內有複雜的螢光器官，或觀察螢火蟲於夜間的行動，我們會感覺生物螢光也有某種生物學意義。至於螢光細菌或螢光蕈及夜光蟲的螢光效用，很難得到明確的說明。

一、夜光蟲、螢光細菌事件

一九三七年七月恰於發生了七七事變那年，台南運河的水夜間開始大發光，而引起台南市民的恐慌而有流言。當時我是小學四年級，運河水的大發光持續一個多月，以後漸漸減弱，入秋冬更減少。當時在長榮中學任生物科教師王雨卿先生，將運河的水帶回檢查，發現有許多夜光蟲（Noctiluca），而在報紙上發表這消息後消除許多市民間的謠言

和恐慌心情。

民國四十五年九月八日黛納颱風帶來奇蹟，曾文溪中飄浮奇木，光亮如同日光燈。西港鄉民郭他氏在拂曉時於曾文溪中撿拾木柴，發現一根木頭長約一公尺，直徑約四公分，光亮照人，他不敢輕動，待天明扛回家放在室內桌上。晚上復又發出青白色光亮如同日光燈，照得全室通明。發出光後全不見木頭，只看到亮柱一根。若用刀砍下碎木塊散落地上，亦發散光如螢火蟲。參觀者將郭他氏的住宅塞得水漏不通。這發光奇木經中華日報發表後，參觀者絡繹於途。九月十日該奇木由佳里警察分局運回處理，該分局為慎重保管計，將這奇木放置於拘留人犯的拘留所內。

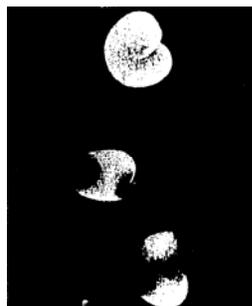
關於曾文溪口的發光奇木，一時傳說紛紛視為奇蹟。當時本人任教於長榮女中生物科，到郭家勘察該奇木並帶回碎片，檢查後發現有螢光細菌，並投函中華日報。該報記者胡希文來訪本人於長榮女中生物實驗室。螢光細菌若生長條件發生變化，如乾燥或溫度過高或低就死亡，螢光隨之而消滅。如須確定奇木上的細菌是那一種，則須做分離培養，以鑑定菌種。

二、夜光蟲和其螢光作用

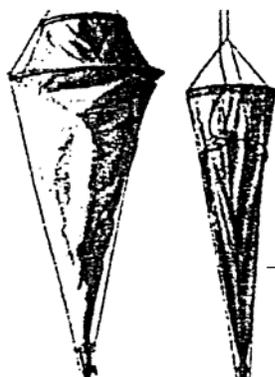
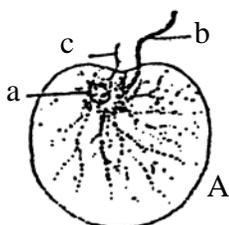
夜光蟲是屬於原生動物，鞭毛蟲類 (Flagellata)，囊狀鞭毛蟲類 (Cystoflagellata) 的單細胞動物，體呈球狀 (圖一)，直徑 1mm 左右，以肉眼可識別出來。在體的一部分有小溝，其底部有口，有一條觸手司游泳。如果夏季夜晚於海上發出銀色光，或夜間在台南運河邊投石塊到水中時，隨水波振動可看到磷光，是夜光蟲的發光現象。採集可能有夜光蟲的海水，可用如圖四自製浮游生物採集網，要用網目較細的如蠶絲布，縫裂口徑 25 公分，長 60 公分的圓錐形網，如圖結拉堅韌的線，長約 5~10 公尺，乘小船採集 5~20 分鐘，連海水一齊倒在廣口瓶中。若反覆 2~3 次，採集的水混濁，用吸管將一滴滴在載玻璃上，用 200 倍顯微鏡看，若以甲基綠染色時，夜光蟲會變成綠藍色更清楚。



圖一：夜光蟲(360 倍)



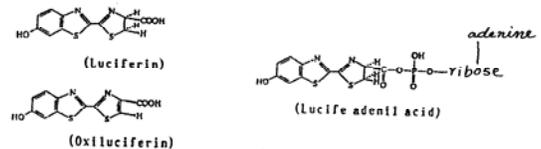
圖二：夜光蟲的發光纖
解剖用顯微鏡)



圖三：夜光蟲(上)

圖四：浮游生物採集網(右)

螢火蟲或夜光蟲的發光作用，和三種物質有關(圖五)。首先 luciferin (氧化性物質) 受酵素 luciferase 作用，然後 luciferin 和 ATP (Adenosin triphosphate) 產生 luciferin adenil acid，若在有氧氣的地方，luciferin adenil acid 會變成 Oxilufirin，同時發出光(圖五)。luciferase 是相關生物發光的蛋白質，具有氧化酵素 (Oxidase) 之性質。所以在有空氣存在(有氧氣)的地方，就能將氧化性物質 luciferin 氧化，將氧化之能量轉變為光能。



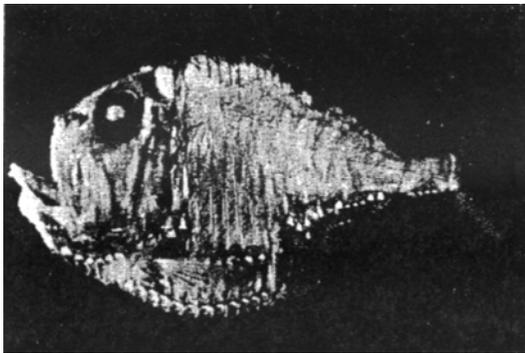
圖五：luciferase 反應的相關物質

三、深海中的螢光動物

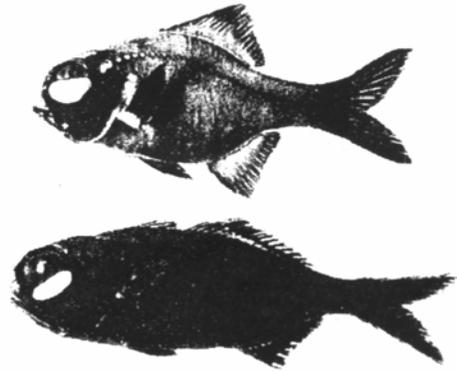
眼為了看物體，如深海發光魚類在體側有發光器並排兩列，而且在發光體後面有反射層，周圍有黑膜又有增強光的透鏡。發光體和透鏡之間由魚種類不同，有各種彩色的濾光器使光能照射魚體下方。如深海的發光烏賊在體表的發光器；和魚類的發光器一樣，只用發光器的切片來看，是魚的或烏賊的無法區別，有種裸鰓在頭部有如照明燈的發光板，有許多種深海魚在眼附近有數個發光器。在印尼 Banda 島有淺海性的兩種發光

魚，都在眼下面有半月形的較大發光器。螢烏賊和幽靈烏賊等深海發光烏賊，其體表、腕、甚至內臟也有發光器。

可是 Brauer (1908 年) 曾經調查深海魚結果，其中具有發光器的只有九分之一而已，其他不具發光器也在黑暗世界自由生活。因此他認為深海魚不一定要有發光器。能發光的深海魚大多的眼較發達，動作活潑。在深海生活的動物除了燈籠鮫鱓以外的大都眼退化。1934 年 W. Beebe 在大西洋百慕達島 (Bermuda) 附近，乘深海探險球作深海動物的行動觀察，發現深海中也有大型魚類。從其發光器發出的各種色調的光，是在黑暗海底世界唯一光源，在深海動物生活上應有其特定的功能。反對有照明功能的人說，發光動物不僅在深海，在海表層也有，認為沒有照明必要。



圖六：深海產發光魚胸腹部有紫色光發光器並列



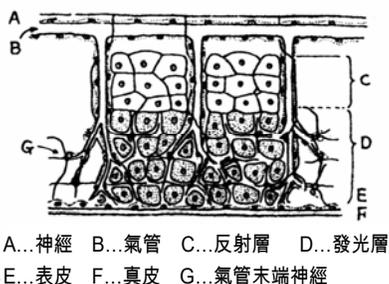
圖七

四、螢光的通訊作用

如果觀察螢火蟲的生態，可知其發光和生殖有密切關係。許多螢火蟲由於雌雄之不同，其發光器的形狀和位置不同，發光力也不同 (圖八)，雌雄的光色調也不同。日本的源氏螢和平家螢從黃昏至晚間九時，出來飛的都是雄的，雌的在附近草叢中發光 (圖十和圖十一)。在泰國、菲律賓、印尼等地的東南亞的螢，有些組成群體，同時發光又同時熄滅，當中有指揮者。在印尼 Rebar 島的螢，

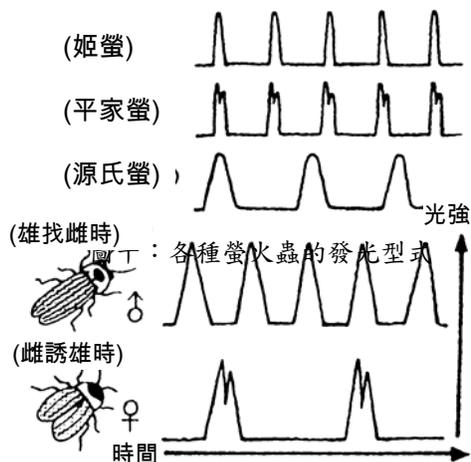


或，比聖誕樹更壯觀又神秘。在馬拉委羅州有被稱「鑽石蟲」或「星蟲」(Orprocrandon)，雌的終生保持幼蟲狀 2.5~3 公分，各環節各有三個發光器發光如鑽石光。



圖八：螢發光器和光強度（左）

圖九：螢火蟲的發光組織（右）



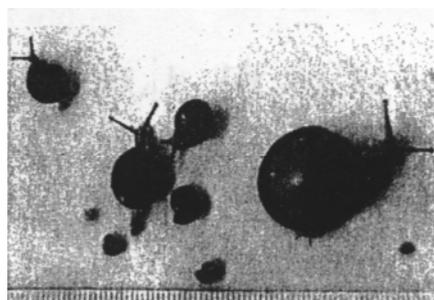
圖十一：螢火蟲雌雄發光通信

五、對外敵示 威嚇而發光

大多發光動物都由外面刺激而發光，光也會增強。體微小的海洋發光性浮遊生物，如水母、夜光蟲、發光蝦和發光烏賊，都是受刺激時發光變強。以發光細菌為光源的淺海性發光魚，若用手握魚體時其胸部肌肉會增強光。屬於腔腸動物的海仙人掌，若刺激其體一部分時，光就波及全體。

動物受外部刺激而發光，如在新加坡和馬來西亞的某種蝸牛（圖十二），在嘴下部能

如螢火蟲發光，這是唯一能發光的蝸牛，是在橡膠樹園中普通的蝸牛。其發光限於體從殼伸出在草地上爬走時，若加刺激時絕不發光，其發光目的難說明。若勉強說明理由，是為了同種之間的認標。在南洋的珊瑚礁上有一種穿孔貝（稱桌貝），若加刺激時會分泌青白色發光液，這些貝類由外部刺激而發光，其目的如何不得而知。



圖十二：新加坡的發光蝸牛
發光對外敵有威嚇或自衛作用，Haupt

（1903 年）說螢火蟲的發光可防被蝙蝠吃掉，但是 Floricke（1908 年）說，他看過蝙蝠吃發光的螢。Schmidt（1885 年）看過雨蛙吃螢火蟲後，其腹部會發光。Stahl 報告說，守宮吃螢火蟲限於發光時，是自衛和威嚇的反論。但是因而不能斷定發光對護身無用。那麼發光對外敵有保護自己的功能，不一定對所有的外敵都有如此作用。

六、螢光有避敵之效

烏賊遇敵時會吐出黑墨而逃逸，這情形對在黑暗的深海中沒有功效。住在深海的有種小型的銀帶烏賊，一觸摸就會噴出青白光液，是在深海中能造光雲，能欺敵逃生。深海產的發光蝦在腳基部有光液腺，能分泌發

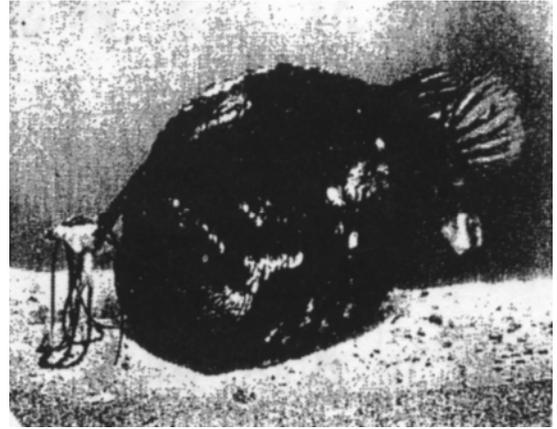
光液，若遇敵時會造光雲而逃逸。日本特產的海螢（圖十三）白天潛於砂中，夜間出來活動。對光敏感，受刺激時從唇旁分泌發光液，在海水中造光雲而逃逸。在新幾尼亞的海螢平時在海水表層游泳，若照強光時海面的海螢一齊發光，如在黑紙上撒銀粒，當地若在沒有月光的晚間，可常見之。



圖十三：熱帶性海螢（分布於南洋群島）

七、螢光用於誘捕

住在深海底的燈籠鮫鱈，體形如球的黑魚（圖十四），於嘴上方有一支觸角，觸角尖端有膨部，其周圍有淡紅輪是發光器。觸角先端有四個珍珠光澤的白色發光器，是第二發光器，時常發光。在觸角先端膨部有九支黑線垂下，尖端有白色發光器（第三發光器），從此放出電光。加強刺激時從主發光器噴出發光液，證明此魚在海底時張開嘴，又搖觸角使第二、三發光器發光而引誘小魚，等小魚集合時噴出光液將附近以光雲包圍，而吞食小魚。



圖十四：燈籠鮫鱈

八、螢光為群體標誌

裸鰯類和許多種深海發光魚的體側，並排有一定數的發光器，其數目和排列法由魚種類各有一定。如深海產發光烏賊之體表，及眼球上方、腳和內臟也有一定數的發光器。所發出的光色由種類不同有獨特的色調。淺海性魚類以鮮明色彩互相識別，在黑暗深海中同種之間以光來識別是最好的方法。

九、結語

生物的螢光的作用是什麼？這是古今就有各種議論，真正的原因仍不太清楚。因為發光生物的種類太多，發光方式，如光的強弱及色調也各不同，無法簡單說明。有些被認為因為偶然具有發光物質，所以能發光，其中有些可給予某種說明。如在發光的生物世界及各種生物的色彩、發電、發音、放臭味等，和其他各種生物的生活現象，根本上沒有什麼不同。

參考文獻

- 1.大場信義：個體行動之發光的意義：遺傳
50卷11號（1996）
- 2.大場信義：東南亞的發光昆蟲：橫須賀市
博物館 No.42（1995）
- 3.Haneda Y.：Synchronous flashing of fireflies

- in New Guinea Sci. Rept. Yokosuda City
Museum (12)
- 4.Harvey E. N.：Bioluminescence Academic
Press (1952)
- 5.Herring P. J.：Bioluminescence in Actin
Academic Press (1978)