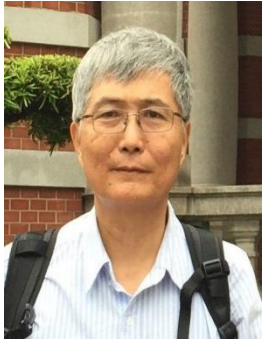


專題報導

解開馬祖藍眼淚之謎-夜光蟲



環態所
蔣國平老師



海洋中心
蔡昇芳研究員

馬祖「藍眼淚」目前是一個旅遊熱門話題，但對於其是由何種生物所造成仍然眾說紛紜，一般最常見的說法有兩種，一種認為是介形蟲(ostracod)，另一種認為是渦鞭毛藻或雙鞭毛藻(dinoflagellate)中之夜光蟲(*Noctiluca scintillans*)所造成發光現象，目前仍無直接證據證實是何種生物造成此一海中奇景。國立臺灣海洋大學106學年度將在馬祖北竿設立分部，為幫助馬祖地方發展，同時希望學術研究能與地方文化與生態結合，在此理念下國立台灣海洋大學海洋中心在教育部五年五百億頂尖大學計畫經費支援下推動「馬祖海域海洋生態整體調查計畫」，希望解開「藍眼淚」之謎。

海大研究團隊採取兩個研究方法去解開此一謎團，首先在「藍眼淚」經常出現之介壽澳口沿岸水域進行採水，利用毛細管在解剖顯微鏡下將發光生物進行單離培養，目前已經成功單離培養出夜光蟲，由此證實馬祖「藍眼淚」中夜光蟲是主要發光生物之一。其次利用20 μm 浮游生物網進行採樣，將發光水域之浮游生物完全收集，並將其DNA全部萃取出來，再利用次世代定序技術，將所有發光相關蛋白基因找出來，包括發光素氧化酶(luciferase)和發光素接合蛋白(luciferin binding protein)，與現有資料庫中相關序列資料進行比對即可知道馬祖「藍眼淚」是由那幾種發光生物所形成。由於目前培養實驗已經證實夜光蟲為「藍眼淚」之主要發光生物，因此本篇文章將鎖定夜光蟲介紹其生物特性、生態地位、及發光機制。



圖1. 採樣地點馬祖介壽澳口，採樣時有「藍眼淚」出現現象。(攝影：楊進有)

海洋中心電子報

CENTER OF EXCELLENCE FOR THE OCEANS

夜光蟲

夜光蟲是屬於異營性渦鞭毛藻或雙鞭毛藻，為一種赤潮 (red tide) 生物。分類上來看夜光蟲僅有一種，全世界不同海域的夜光蟲均屬於同種生物。夜光蟲細胞呈透明球形，直徑2002000 μm 。腹面後端有一凹下縱溝，在此形成口部，口部之前有一小鞭毛，鞭毛前有一大觸手，觸手上具有黏膜。觸手用來抓取食物，再將食物送入口部並在體內形成食泡，食泡會分泌消化酶，食物在其內進行消化。夜光蟲雖然缺乏游泳運動能力，但可藉由浮力在水表層生活。其攝食餌料範圍由細菌到魚卵或仔稚魚非常寬廣。早期研究認為其非常貪吃遇到什麼吃什麼不具餌料選擇性，但目前了解比較愛吃矽藻與綠藻。雖然分類上全世界夜光蟲只有一種，但依其體內是否有共生藻可將夜光蟲分為兩群，一種為體內不存在共生藻的紅夜光蟲，一種為具有共生青綠藻(*Pedinomonas noctilucae*)的綠夜光蟲。綠夜光蟲雖然可攝食行異營性生活，但也可不攝食，僅靠共生藻光合作用所提供能量存活。另一方面，部分研究顯示綠夜光蟲無法單靠體內共生藻提供之能量存活。兩種夜光蟲分布區域不同，紅夜光蟲主要分布於熱帶、副熱帶與溫帶沿岸水域，綠夜光蟲主要分布於西太平洋與印度洋熱帶水域。馬祖發現之夜光蟲屬於紅夜光蟲。

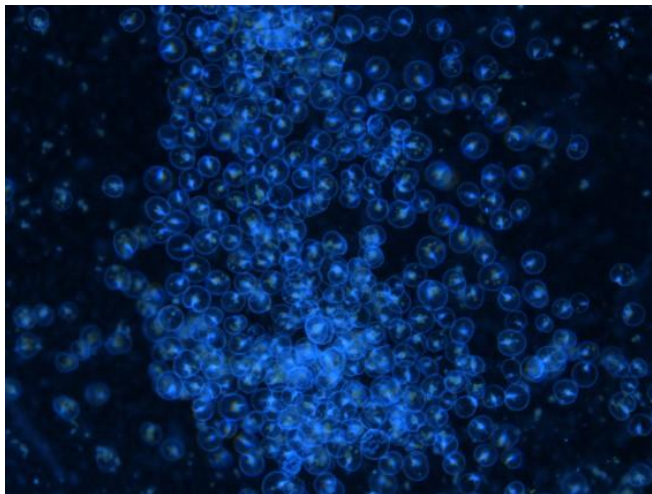
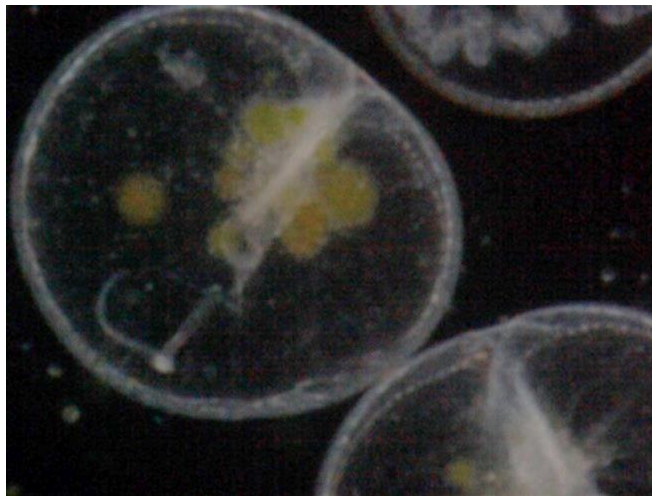


圖2.夜光蟲(*Noctiluca scintillans*)(上圖)為亮視野，圖中草綠色部分為食泡。(下圖)為暗視野，此藍光非生物光。(攝影：吳綠瑩)

海洋中心電子報

CENTER OF EXCELLENCE FOR THE OCEANS

夜光蟲發光機制

海洋中許多生物都具有發光能力，例如水母、發光蝦和發光烏賊均具有不同之發光器。夜光蟲之發光器位於表皮上(perivacuolar cytoplasm)，每隻大約含有10個發光源，每個發光源大小為0.51.5 μ m，每個光源大約可放出10個光子，發光大約可持續80msec。由此可知夜光蟲發光為一閃即過，非照片上看到整個海面均為藍色之長期曝光影像。如在船上看到之情況，船破浪前進，在暗夜海上船隻兩側有許許多多藍色螢光小光點散布。發光源由三部分所組成首先為發光素氧化酶(luciferase)，此為一種氧化酵素，接著需要有發光素接合蛋白(luciferin binding proteins)去抓住發光素(luciferin)，發光素為一可被氧化放出能量之物質，發光素氧化酶會氧化發光素放出藍色生物光。發光之目的目前來說並不清楚，有研究認為在黑暗中發出生物光對外敵產生威嚇作用，或吸引更多大型之生物攻擊夜光蟲之攝食者。生物光在黑暗中可作為同種生物識別之標誌，如以螢火蟲為例，雌螢火蟲發光是為了吸引雄蟲進行交配。或做為吸引餌料生物之工具，例如深海燈籠魚利用頭頂觸角之發光器發光吸引小魚。

夜光蟲分布與生態

全世界沿岸海域在晚春到初夏海面非常平靜時，有時看到鮮紅到暗紅呈塊狀或條狀分布之水塊，此極可能就是夜光蟲形成之赤潮。此紅色為夜光蟲體內類胡蘿蔔素所造成。夜光蟲出現在溫帶、亞熱帶與熱帶沿岸及湧昇流水域，甚至在水溫3°C的阿拉斯加水域也曾發現它的足跡，目前為止僅有南極未見其蹤影。由此可知夜光蟲為分布極廣之廣溫性富營養水域浮游生物。由於其分布溫度範圍極大，因此有科學家推測溫帶與副熱夜光蟲適應溫度範圍不同，應該屬於不同品系。目前馬祖地區藍眼淚出現時間由於未進行科學調查很難給一個肯定說法，對於其出現原因也很難給一個定論。但一般說法為「藍眼淚」四到五月間開始出現，到九到十月間結束。基本上當風吹向海岸時，會讓表層之夜光蟲向海岸線集中，形成藻華現象。同時也發現強降雨使海洋環境產生劇烈變動時，夜光蟲族群數目會大量減少。

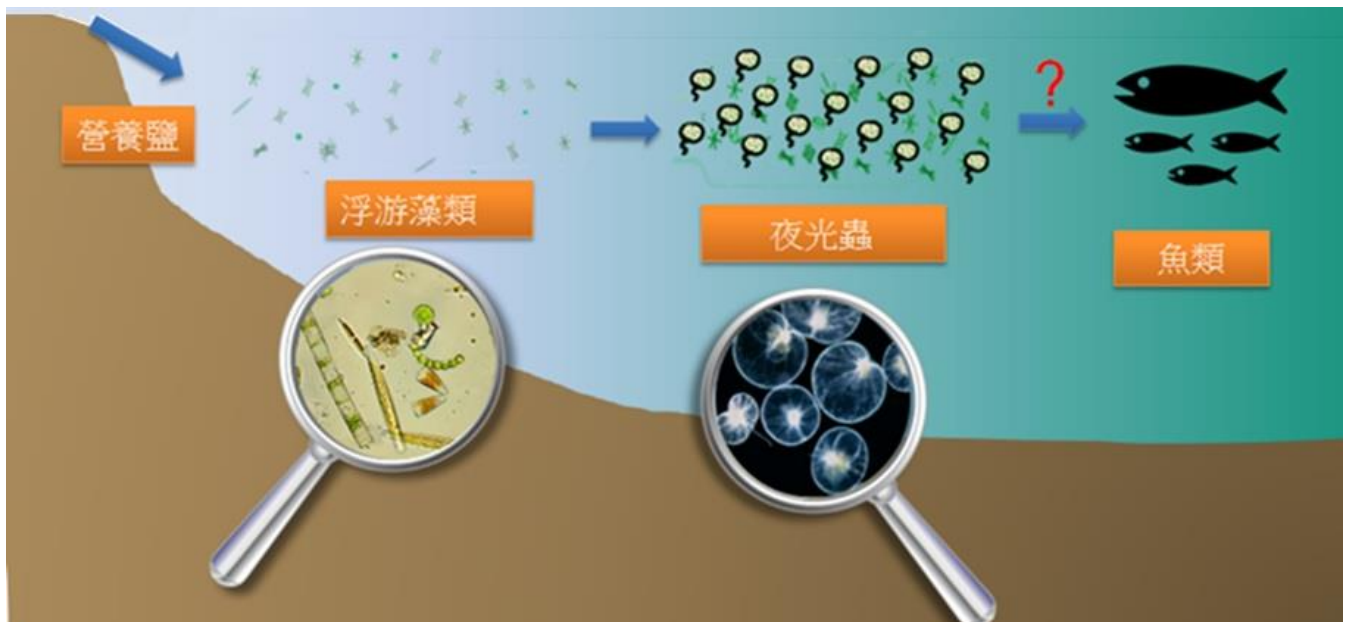


圖3.藻華輪替現象：沿岸生態系中營養鹽將會誘使浮游藻類，特別是矽藻，快速成長形成藻華，豐富之餌料促使夜光蟲藻華形成，接著可能會造成魚類增加。

海洋中心電子報

CENTER OF EXCELLENCE FOR THE OCEANS

夜光蟲是否為破壞環境之污染性生物？夜光蟲屬於渦鞭毛藻，因為有藻之名稱，許多人將其視為行光合作用之藻類，所以誤解認為豐富之陸源性或湧昇流帶入營養鹽會促使夜光蟲快速成長，因此將其視為富營養環境之指標生物。實際上夜光蟲為靠攝食維生之異營性無毒生物，雖然其經常出現在湧昇流或沿岸等富營養鹽高生產力海域，但造成其藻華現象之主因為，營養鹽帶動植物性浮游生物之成長，特別是矽藻。豐富之餌料促使夜光蟲能充分攝食獲得足夠能量，進而快速成長使族群數量急遽增加，因此夜光蟲屬於沿岸海域無毒異營性渦鞭毛藻，在沿岸生態系可取代橈足類成為植物性浮游生物之主要消費者，扮演矽藻藻華終結者角色。所以在許多沿岸生態系均可發現此種矽藻與夜光蟲交替之藻華輪替現象。此種不同藻種藻華輪替現象在日本奈戶內海及南海也為常見的海洋生態現象。馬祖當地將夜光蟲藻華稱為「丁香水」，相傳看到這種生物大量出現，以它們為食物的丁香魚群就會大量出現。由以上所述可知馬祖位於閩江河口生態系，在此一富營養河口生態系中，夜光蟲出現或形成藻華為一正常海洋生態現象，對海洋環境或生態而言並非一個警訊或具有特別警示意義。

目前全世界夜光蟲藻華數目有增加情況，其中部分原因為大眾對環保意識增強所以警覺性增強。但也可能與全球環境暖化或沿岸富營養化有關，特別是沿岸生態系富營養化使營養鹽濃度快速累積，促使藻類數量快速增加，進而使夜光蟲藻華機率增加。因此在沿岸生態系環境監控，對環境保育來說是一個重要課題，特別是河口生態系之馬祖。

※本研究已刊登於國家地理雜誌中文網 <http://www.natgeomedia.com/column/external/44980>

中心業務報告

海洋中心訂於2016年8月29~9/2及9/7~9/8舉行儀器教育訓練，將針對核心儀器室之螢光分析儀、正倒立解剖顯微鏡、冷凍乾燥系統、高通量即時螢光定量PCR系統及流式細胞儀進行教育訓練，訓練儀器項目、訓練地點詳情、訓練講義教材及操作手冊可至中心網站查詢：<http://www.ceo.ntou.edu.tw/files/11-1048-4363.php?Lang=zh-tw>。