

藍眼淚的奧秘：夜光蟲

◆ 國立臺灣海洋大學海洋環境與生態研究所 — 特聘教授蔣國平、助理教授蔡昇芳

馬祖沿海在春末夏初（3～7月）偶而會出現如李安電影「少年PI」中整個海面發藍光的場景，此一海洋生物發光現象被稱為「藍眼淚」。



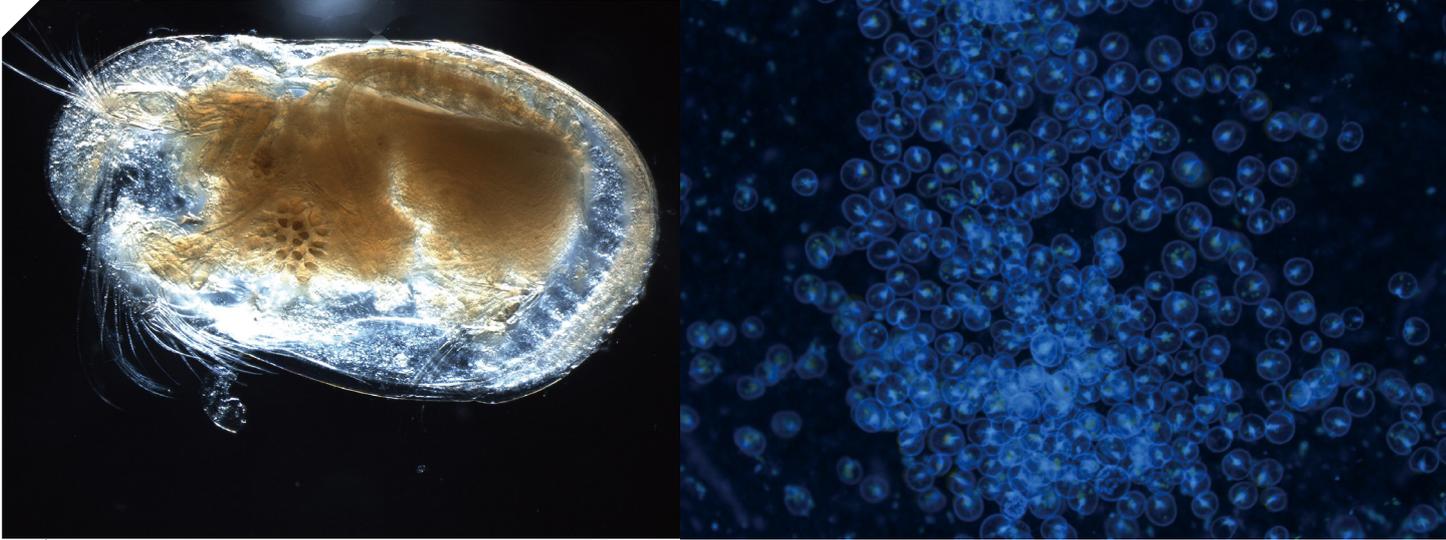
馬祖「藍眼淚」是一個旅遊熱門話題，2018年大約就超過40萬觀光客到馬祖「追淚」。「馬祖藍眼淚」廣為人知，主要是因為兩件事，一為2014年4月，美國電視媒體CNN介紹馬爾地夫法度島（Vaadhoo Island）的夢幻藍色海灘，將夜光蟲發藍光奇景（藍眼淚）列為全球最壯觀的15個奇景的第一名。2015年4月「馬祖藍眼淚」因為一名攝影師的作品而揚名國際！這位「不小心」成為臺灣觀光大使的攝影師是安德列歐（Rogelio Bernal Andreo），他在馬祖南竿拍下以銀河為背景的「藍眼

淚」，絕美的畫面立刻獲選為NASA官網中「每日天文照片」類別的作品，讓國際人士看見「馬祖藍眼淚」的美。

「藍眼淚」由何種生物所造成，國立臺灣海洋大學（下稱海大）進行研究之前眾說紛紜，一般最常見的有兩種說法，一為介形蟲（*Ostracod*），另一為夜光蟲（*Noctiluca scintillans*）。為解開這些謎團，海大研究團隊由2016年4月開始在馬祖海域利用單離培養法及次世代定序技術，找出發光相關蛋白基因，兩種方法均證實



海洋上的「藍眼淚」奇景。（圖片來源：作者提供）



藍眼淚的形成有一說是介形蟲（圖左），但經海大研究團隊實驗證實「馬祖藍眼淚」主要是由夜光蟲所造成，圖右為顯微鏡下的夜光蟲。（圖片來源：Anna Syme, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ostracod.JPG>；作者提供）

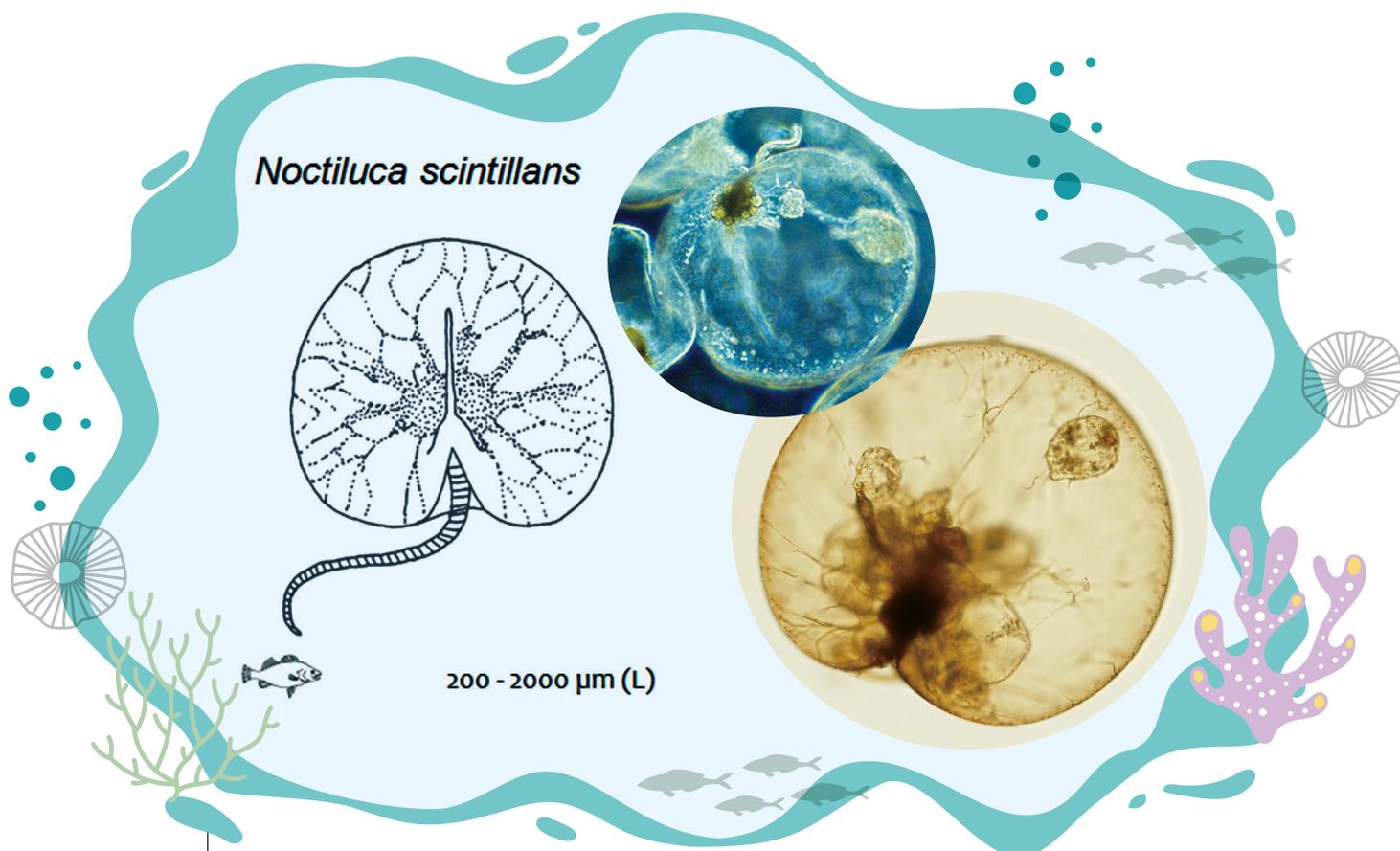
「馬祖藍眼淚」主要是由夜光蟲所造成。夜光蟲分類上屬於異營性渦鞭毛藻或雙鞭毛藻，為一種不具有色素、不行光合作用之赤潮（red tide）生物，全世界不同海域的夜光蟲均屬於同種生物。

馬祖列島濱臨福建省閩江口外，其海洋環境主要受到閩江影響，夜光蟲大量出現與閩江有密切關係。每年4月到6月底為閩江豐水期，此時閩江水帶入豐富之陸源性無機營養鹽，特別是矽酸鹽進入馬祖周遭水域，這些營養鹽造成矽藻大量快速成長，而這些矽藻為夜光蟲主要餌料，豐富之餌料引發夜光蟲成長形成「藻華」現象（指微細藻類短期間大量增加的狀態）。當豐水期結束，河水注入減少，帶入營養鹽也跟著減少，矽藻成長因此受到限制，連帶造成夜光蟲餌料不足，成長受到抑制，所以也跟著自然消失。

以下針對一直被大眾混淆的幾個問題進行解說：

1. 夜光蟲是藻還是蟲？

生物分類已經跳脫以往以營養方式簡單分為自營（光合作用，將無機物變成有機物）與異營（攝食，攝食有機物呼吸作用變成有機物）之二分法。目前分類較常使用為五界說，將單細胞（2界）與多細胞（3界）分開，在單細胞生物中再分為如細菌細胞般之原始構造的「原核單細胞生物界」及如高等生細胞般的「真核單細胞生物界」，以夜光蟲分類所屬之渦鞭毛藻來說，屬於真核單細胞生物。渦鞭毛藻有一半具色素能行光合作用，有一半不具色素需靠攝食行異營生活。然而，夜光蟲雖然分類屬於渦鞭毛藻，但它不具色素、無法行光合作用，靠攝食行異營生活。所



夜光蟲細胞呈透明球形，腹面有一縱溝，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，用來抓取食物；其無游泳運動能力，但可藉由浮力在水表層生活。（Photo Credit: GTM NERR, <https://www.flickr.com/photos/gtmnerr/24485415252>; Maria Antonia Sampayo, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Noctiluca_scintillans_varias.jpg; FWC Fish and Wildlife Research Institute, <https://www.flickr.com/photos/myfwc/5808181396>）

以不應該單純憑藉「藻」此一名詞，對其生態行為有錯誤之想像。

夜光蟲細胞呈透明球形，直徑 200 ~ 2000 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。其攝食餌料範圍非常寬廣，由細菌到魚卵或仔稚魚。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。

2.

藍眼淚是否只有馬祖有？

首先「藍眼淚」名稱是由何而來，一直沒有可靠的說法，依據筆者在網路搜尋了解，「藍眼淚」最初出現於 2012 年 5 月網友臉書票選結果，該票選活動也曾被馬祖日報和國語日報報導。但事實上「藍眼淚」並未列入此次票選名單，可是不在名單中的「藍眼淚」後來卻因網友大量使用而異軍突起、聲名大噪。所以，「藍眼淚」是網友創造出來的名稱。從此網路上認定的「藍眼淚」就是指在馬祖附近海域，因夜光蟲大規模發光，使海面呈現藍色螢光幻影的現象。



藍眼淚不是只有馬祖有，比利時港口城市澤布呂赫的碼頭也有發現夜光藻的發光現象。（Photo Credit: Hans Hillewaert, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10711494>）



夜光蟲發光的現象存在於許多熱帶與副熱帶富營養鹽之沿岸水域，但只有馬祖稱此種現象為「藍眼淚」。（圖片來源：左邊口袋，<https://www.flickr.com/photos/94035812@N04/17422747483>）

在生物界的分類上，全世界夜光蟲只有一種，但依其體內是否有共生藻分為兩群，一為體內不存在共生藻的紅夜光蟲，馬祖發現之夜光蟲屬於此類。另一種為具有共生綠藻（*Protoeuglena noctilucae*）的綠夜光蟲，其營養來自攝食及共生藻光合作用所提供的能量。除此兩種之外，在美國西岸加州洋流水域存在一種不發生物冷光之特殊夜光蟲。

紅、綠兩種夜光蟲分布區域不同，紅夜光蟲廣泛分布在溫帶與副熱帶沿岸海域，一般產生在鹽分較低，以矽藻為主之高基礎生產力水域，分布海域溫度由 $10^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 。綠夜光蟲侷限於水溫 $25^{\circ}\text{C} \sim$

30°C 的南亞熱帶海域，包括孟加拉灣、阿拉伯海和紅海。綠夜光蟲體內共生綠藻推估產生於13億年前地球剛形成時期，此時海洋中溶氧量遠遠低於目前海洋，屬於低氧狀態，造就綠夜光蟲可以藉共生綠藻適應此種低氧環境，適合生長在其他生物無法成長之低氧狀態，所以許多比較高汙染之水域容易發現綠夜光藻的存在。

對於「藍眼淚」是否只有馬祖有？此一問題應該說夜光蟲發光現象存在於許多熱帶與副熱帶富營養鹽之沿岸水域，但它們都不叫做「藍眼淚」，只有馬祖稱此種現象為「藍眼淚」，所以夜光蟲發光之此種自然現象到處都有，但「藍眼淚」一詞僅存在於馬祖。

3. 夜光蟲是否為破壞環境之有害藻華生物？

一般有害「藻華」生物，造成環境危害最主要有兩個原因，一為生物本身會排放有毒物質，一為「藻華」結束後，因為細菌大量分解死亡藻類，耗盡水中氧氣，造成魚類因缺氧而大量死亡。「馬祖藍眼淚」為夜光蟲所形成，夜光蟲為無毒渦鞭毛藻，所以不會產生任何有毒物質。其次，馬祖夜光蟲「藻華」是矽藻刺激誘發所造成，當矽藻被攝食耗盡後，夜光蟲也跟著

消失，目前為止也未發現夜光蟲「藻華」結束後，魚類缺氧死亡之現象。最後需特別強調的是，矽酸鹽是造成馬祖海域矽藻「藻華」最主要原因，矽之主要來源為陸上砂石，砂石中矽酸鹽溶入河水，最後被帶入海洋，所以矽酸鹽基本上與都市生活廢水或農業施肥無關。馬祖是一個富營養河口生態系的地區，發現夜光蟲出現或形成「藻華」為一正常海洋生態現象，不能以出現夜光蟲即將其視為海洋環境、生態惡化的指標。



藻華現象涉及到的藻類有綠藻或矽藻等，自然形成的藻華現象很快就會消失，並不會為環境帶來影響。