

## 巧能系異能者—會爬的葉子

文／黃興倬·圖／黃興倬、丁珮

### 摘要

多彩美麗的海蛞蝓，除了多樣的體色，更發展出各式各樣、令人驚嘆的行為與食性。更有甚者，某些類群的海蛞蝓，突破了生物分類的藩籬，把藻類賴以行光合作用的胞器—葉綠體，直接掠為己用，成為可以行自營生活的動物。這種行為稱為盜取(kleptoplasty)。類似這種透過進食過程，取得並利用他種生物的細胞或胞器功能的例子，在海蛞蝓中有許多例子。例如灰翼海蛞蝓和大西洋海神海蛞蝓。

關鍵詞：異能者、綠葉海天牛、海蛞蝓、盜取

有「海底珠寶」美稱的海蛞蝓，其亮麗精巧的體色與形態，透過海底攝影的鏡頭，讓全世界為之驚艷。而其多樣的生態習性與行為，一再讓過去被認為僅可能出現在科幻作品中的奇特生物設計，竟然早就在生命演化之河自由泅泳。

其中最驚世駭俗的，莫過於能夠利用葉綠體行光合作用的海天牛屬 (*Elysia* spp.) 海蛞蝓 (圖 1)。海天牛海蛞蝓在分類上屬於軟體動物腹足綱下的囊舌目 (Sacoglossa) 海天牛科 (Elysiidae)，背上有兩片「側足」(parapodia) 平時會收攏併合，偶而會伸展開來，側足的形態和顏色斑紋，是海天牛分類上的重要依據。

早在 19 世紀後期，博物學家已經觀察描述，綠葉海天牛 (*Elysia chlorotica*) (圖 2) 的幼蟲在攝食一種藻類 *Vaucheria litorea* 之後，原本無色的身體會逐漸變綠，而在顯微鏡下，進食後的綠葉海天牛分支狀消化道末端，出現了綠色的顆粒狀物質，事後證實這些綠色顆粒就是藻類的葉綠體。後續的研究更進一步指出：這些源自藻類的葉綠體，在綠葉海天牛的消化道中，非但不會被消化，更能像在原生的藻類細胞內一般，持續進行光合作用！這些體長數公分，在海底緩慢爬行的小動物，在行光合作用時，背面的側足會伸展開來，形狀就像一片葉子，而側足上面的突起紋路和一般植物的葉脈極為相似，因此綠葉海天牛也獲得「會爬行的葉子」外號。

這種從其他植物取來葉綠體，使其在自己體細胞內繼續發揮功能的現象，稱之為「盜取」(kleptoplasty)，之前發現的案例幾乎都是單細胞原生生物，海天牛是第一個有這種現象的多細胞動物。

在好奇的科學家研究下，我們知道了不同種類海天牛對各種藻類有著獨特的喜好，而不同的藻類葉綠體在不同的海天牛體內，維持的時效也有著頗大的差異。一隻飽食藻類的綠葉海天牛，在給予足夠光照的情況下，不必額外進食最長可以維持將近 10 個月的生命，但若是在飽食後將動物置於黑暗處，身體的營養僅能維持兩週。這表示海天牛能在體內為這些太陽能電池創造一個舒適的環境，並維繫其正常功能接近一年。

為了維持良好的光合作用效能，海天牛會選擇趨向光照適度的環境，並避開強烈光照。而如前所述的側足張合，同樣也是為了達到最佳光合作用效率所做的調整。

要讓葉綠體正常地發揮功能，在有效期限內做好做滿，植物的細胞核內必須有一套基因，控制光合作用的進行。如果缺少那些控制基因，葉綠體在非原生細胞內便無法正常發揮功能，甚至很快會被破壞分解。海天牛畢竟不是植物，那麼那些讓藻類葉綠體在海天牛體內正常運作的基因，是從何而來的呢？

這個關鍵問題，科學界眾說紛紜，但是最新研究結果指出，海天牛在攝食藻類的過程中，不但盜取了葉綠體，也將藻類控制光合作用的基因也一併收下，併入海天牛自己的基因組！換言之，海天牛不但偷了藻類的太陽能電池組，連操作電池組的電腦程式碼也一起複製貼上進自己的作業系統了。

不過每種海天牛盜取藻類基因的功力不同，因此必須不斷更新體內的葉綠體（也就是不斷進食藻類），否則無法維繫體內的葉綠體數量。像前述能持續在體內進行光合作用的綠葉海天牛，則是這方面的佼佼者，不但能在攝食後盜取藻類基因，甚至可能把盜取來的基因透過有性生殖的方式傳遞給下一代。

除了海天牛以外，還有好幾種囊舌目海蛞蝓也能盜取藻類的葉綠體，其中最有名的是葉羊海蛞蝓(*Costasiella kuroshimae*, leaf sheep)。牠們把盜來的葉綠體儲存在背後的一根根露鰓中，整個看起來就像一隻超可愛毛膨膨的綠色小綿羊（圖3）。

事實上囊舌目並不是唯一會利用太陽能的海蛞蝓。有些灰翼科(Facelinidae)海蛞蝓（圖4）以軟珊瑚為食，飽餐一頓以後，會把原本住在珊瑚細胞中的單細胞共生藻(zooxanthella)移到自己身體內，建立新的共生關係，共生藻從此開始為新的宿主服務。

除了電池（葉綠體）和發電機（其他生物的共生藻）這種維生所需的胞器和細胞，還有一項東西也是海蛞蝓的覬覦對象：防身武器！

刺絲胞動物用來防禦獵食的有毒刺細胞，是令許多海洋生物畏懼的武器。每年被水母刺螫中毒而死的人，遠超過被鯊魚攻擊的數目。許多以刺絲胞動物為食的海蛞蝓，不但免疫於刺絲胞的毒性，更能將食物中的刺絲胞原封不動轉移到自己身體的組織中，作為自身防禦的利器。許多以羽狀水螅蟲為食的背鰓科海蛞蝓，就擁有和他們的佳餚一樣，令人畏懼的毒性（圖5）。

這些不過是這群巧取豪奪的海底小生物們奇功異能的冰山一角。更多尚未解開的謎，以及尚未為人所發現的特異習性，仍然有待我們去探索。

## 參考文獻

Cruz, S., Calado, R., Serôdio, J., and Cartaxana, P. 2013. Crawling leaves: photosynthesis in sacoglossan sea slugs. *J. Exp. Bot.* 64: 3999-4009.



圖 1. 被潛水人暱稱為「奇異果」的華麗海天牛，常見於臺灣海域。



圖 2. 在「異能者」展場內的綠葉海天牛放大仿真模型。



圖 3. 長相超可愛的葉羊海蛞蝓（丁珮攝）



圖 4. 攝食軟珊瑚，並奪取其共生藻的隱身灰翼海蛞蝓。



圖 5. 以羽狀水螅蟲為食，並利用其刺細胞保護自己的雜色背鰓海蛞蝓。