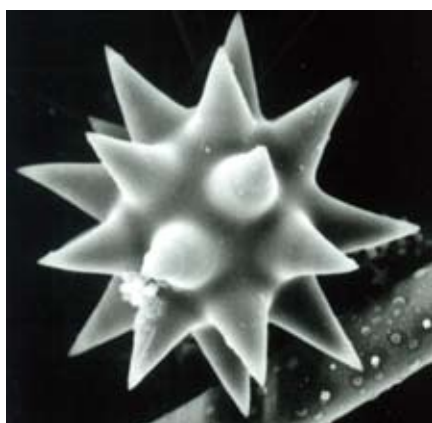


# 閉月羞花的海綿

■ 陳勇輝 · 周淑芬



立體星狀的海綿的小骨針



海綿的大骨針是種類鑑定的依據之一

多數人對海綿的印象是在日常生活中清潔用的人造物品，但在海裡有不折不扣的活海綿。不論是在色彩繽紛的珊瑚礁縫隙中，或是在巨大礁石的陰影覆蓋下，都居住著這群族群龐大、從深海到淡水的遠古生物。

海綿，這以往被忽略的原始生物，出現在科學家稱為「生命大爆發」的寒武紀時代。但近幾年，李家維教授從胚胎微型化石考證研究結果推測，牠們其實可能出現在更早的年代。

早期科學界對海綿的研究並不多見，也大多局限在傳統的分類和基礎的生態調查上。相對於珊瑚生物學的研究和重視，海綿研究的質和量都不成比例。

目前發現的海綿種類達一萬多，若以骨針的成分來分類，大致可區分成鈣質（ $\text{CaCO}_3$ ）海綿和矽質（ $\text{SiO}_2$ ）海綿。若把骨針特徵納入考慮，可進一步區分為4大類，除了上述兩類之外，尚有深海的玻璃海綿和石頭海綿（或稱珊瑚海綿）。4大類中的矽質海綿，就是常見的尋常海綿（Demospongiae）。

由於海綿外表形態多變，可提供種類鑑定的外形特徵並不多，且往往類似種類間的差異性不高，因此早期在鑑定種類和系統分類的制度上沒有一定的共識和標準，導致各家學派各說各話，使得許多有興趣的後學無所適從。所幸近幾年來，各地學者透過幾次國際會議交流，各派系的海綿生物學家相互討論之後達成共識，共同制定海綿系統分類的「聖經」，讓後學者對海綿種類的鑑定能有所依據，並透過網際網路分享給世人。

20世紀末期，隨著對海洋生物所含的天然化學產物興趣的提高，加上海綿中的天然產物結構又和其他海洋生物大相逕庭，科學界積極探討這些化學物質是否可能成為抗癌藥物的前趨物。目前國內在海洋生物天然物的研究（如中山大學海洋資源學系），海綿正是主要的研究對象之一。萃取分析海綿中的化學成分，了解牠們的生化特性和抗癌效果，以做為抗癌藥物的研發參考。

另外在90年代初，在對珊瑚礁進行研究時，陸續發現珊瑚受到某類海綿的侵襲而產生白化現象，甚至死亡，有些學者甚至以「屠殺」來形容它的嚴重性。2008年我國一群研究珊瑚生態的團隊，發現綠島的珊瑚受到不知名的黑色海綿嚴重侵襲，依據



海綿彈性身體內含有許多纖維讓海綿更有彈性

學者初步估計，若情況持續惡化，綠島珊瑚礁可能遭到滅絕的命運。但因發生的原因目前仍不清楚，也無法提出有效的防堵機制。

珊瑚礁一旦滅亡會引起一連串骨牌效應。從生態觀點來看，依賴珊瑚礁生存的生物會因而受到牽連，無法生存；生態旅遊的業者和漁民也難逃歇業的厄運。基於以上因素，有關海綿的研究逐漸受到重視，相關單位開始投入大量的資金和人力，希望對這種遠古就已經存在的生物進行深入了解。由此可知，無論是從經濟、醫學、生態或學術上的觀點考量，海綿的研究勢必在這個世紀成為生物顯學之一。

一般人聽到「海綿」一詞，直覺的刻板印象就是質地軟綿綿的物質。有些海綿摸起來確實如此，但這不全是海綿的真實面向。



典型的海綿出水口



海綿煙囪狀的出水口位置會隨環境中的水流狀況而異

海綿可以改變本身內部的結構，調整身體的彈性強度，以適應環境中水流強弱的變化。

一般人聽到「海綿」一詞，直覺的刻板印象就是質地軟綿綿的物質。有些海綿摸起來確實如此，但這不全是海綿的真實面向。也有海綿是脆弱到一捏就粉碎的，有些種類卻是堅硬如磐石不易碎裂，但大多數海綿具有如橡膠般的彈性，甚至有些會隨著環境調整外形。

這個生命上的「彈性」，除了會隨海綿體內骨針的種類和數目改變外，海綿身體內的網狀纖維結構也是不可忽視的因素。這些纖維和骨針的相互排列形成有趣的鷹架結構，是支撐起整個海綿的架構。有時骨針包埋在纖維中，有些則扎根纖維之中凸出在外，不同種類的纖維結構有不同的形狀，但是功能卻相同—增強海綿個體的穩定性。

在2003年，科學家發現深海中有一種被暱稱為維納斯花籃（Venus flower basket）的海

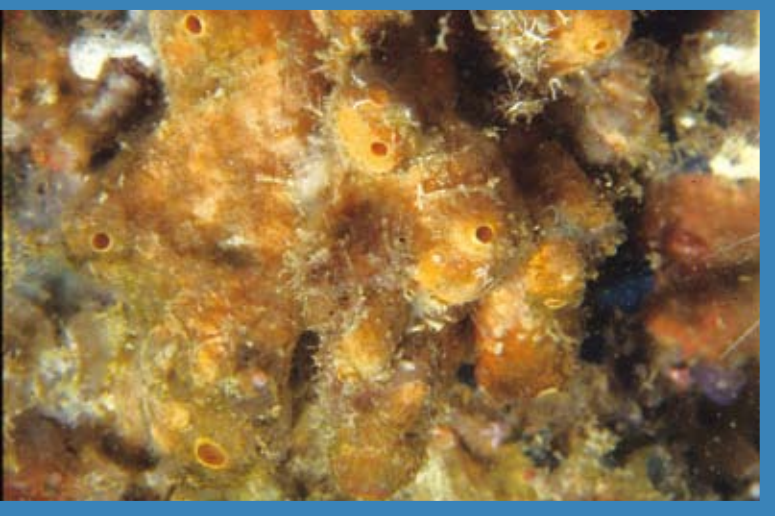
綿，由身體竄出的纖維能把個體固著在深海海底，避免因海流衝擊離開棲地。這類海綿的纖維，無論強度或彈性都比人工光纖好，讓科學家大為興奮。這樣的物理結構可以提供產業界參考，以發展類似的結構，解決全球海底中有很高經濟價值的通訊光纖因遭到海流衝擊而斷裂的問題。

海綿到底是什麼樣的生物呢？對牠的研究不僅在21世紀成為生物顯學，甚至能解決科技的難題，想必是結構複雜、功能繁瑣的生物。事實上，海綿只是結構簡單的多細胞生物，沒有功能強大的器官，甚至連皮膚這樣簡單的組織都不存在。

在海綿的體內，只有各種不同類型的細胞。簡單來說，就是一群功能各異的細胞生活在相同的空間中，有的負責攝食，有的引動水

流，有的負責生命的繁衍，各司其職、相互支援所形成的多細胞生物。但這樣簡單的生命方式，卻能歷經上億年時光的試煉變遷，讓族群存活至今。

海綿可出現在各種不同類型的生態環境中，從高山的湖泊到鄉間的溪流，甚至河海交會的河口區、沿岸的潮間帶區，以及終日漆黑伸手不見五指的深海中。多數的海綿以海洋為家，從熱帶海洋到極地海域都可見到牠們的蹤跡。



海綿常與其他底棲生物相互競爭空間

由於大多數海綿是靠夜以繼日不斷地過濾水中的有機顆粒做為食物，因此對於所處環境中的水流變化相當敏感。研究曾發現海綿能為了適應環境而改變外形，讓入水口和出水口的位置保持一定的距離，避免排泄物或異物重新被吸入。在水流方向單一穩定的環境中，海綿出水口會位在下游的位置。但是在水流方向紊亂不一、無法預測的環境中，海綿出水口就會開在上方，且會長出類似煙囪狀的直立圓管狀結構矗立在水中，而入水口就會接近底部。這就是為甚麼相同種類海綿卻擁有不同外形的原因之一。

除此之外，海綿更可以改變本身內部的結構，調整身體的彈性強度，以適應環境中水流強弱的變化。研究發現有一種棲息在潮間帶的海綿，若生活的高潮線潮池中，由於波浪到這裡已經被重重疊疊的岩石削弱成為緩慢的水流，衝擊的力量極小，因此身體變得比較柔弱。而生活在陸地和波浪交會處的低潮帶的個體，身體硬度反而增強，以抵禦波浪的衝擊避免斷裂。更有趣的是把兩者對調，被移植的個體就會調整身體的彈性，以適應新的環境。

不同於「風來草倒，風停草立」的牆頭草策略，海綿採用「水強我硬，水弱我軟」的彈性策略，這樣的不同在於海綿需要依賴水流取得食物。也許正是因為如此簡單的形式，反而給予生命變化的最大自由度，進而產生多樣化的生命形態，讓物種可以歷經許多環境的變遷，卻仍延綿不斷地蓬勃發展。

海綿因個體上有許多大小不同的開口而被稱為多孔生物，也因為這種形態上的特色，而自立門戶成為海綿動物門（Phylum Porifera）。仔細觀察海綿身上的這些開口，會發現實際上是許多錯綜複雜水管的開口處，藉著襟細胞（collar cell）纖毛的擺動，引動水流進入水管中，不斷地過濾水中的有機顆粒進食。

有些單細胞生物如細菌、藻類進入海綿體內後，會和海綿成為生命共同體。科學家曾發現有一種海綿（*Rhopaloeides odorabile*）中的共生細菌和海綿的健康息息相關，因為健康的海綿個體內都含有這種共生細菌，不健康的個體則沒有這種細菌共生在體內。除了目前最夯的珊瑚和共生藻的研究外，海綿和體內共生菌的關係與共生模式，或許可以開啓科學家對不同生物種類共生機制的另一扇窗。

有些生物利用海綿水管的空間，棲息短歇或當成繁衍後代的育嬰房，短革魷（*Brachaluteres*

組織再生對於海綿而言，可說是輕而易舉，海綿可以由自身產生肉芽體或形成孢子，或從斷裂的身體重新長出完整的個體。

*ulvarum*) 就選擇在鈣質海綿 (*Grantessa mitsukurii*) 入水口完成授精和孵化的使命。有種管蟲則是借住海綿表層，也有一種海綿蟹是背著海綿四處為家，跟寄居蟹沒有兩樣。另外一種螃蟹則舉家搬進海綿水管系中，甚至攜伴，終生居住在其中，直到死亡為止，日本人美其名為「偕老同穴」，並常把牠做為新婚夫婦的祝福禮物。

驅動珊瑚礁生物多樣性的原因之一，在於提供了千奇百怪的棲息空間。而海綿特殊的多孔水管結構同樣有提供生物棲所的功能，庇護著珊瑚礁中多樣的生命，牠的重要性並不亞於珊瑚。

當人的組織或器官被切除時，除非透過移植，否則無法再生。因此近年來對於幹細胞的研究，最終的目的在於產生新的人體器官，以滿足人類的需求，但目前離目標尚遠。然而組

織「再生」對於海綿而言，可說是輕而易舉，海綿可以由自身產生肉芽體 (budding) 或形成孢子，或從斷裂的身體重新長出完整的個體。

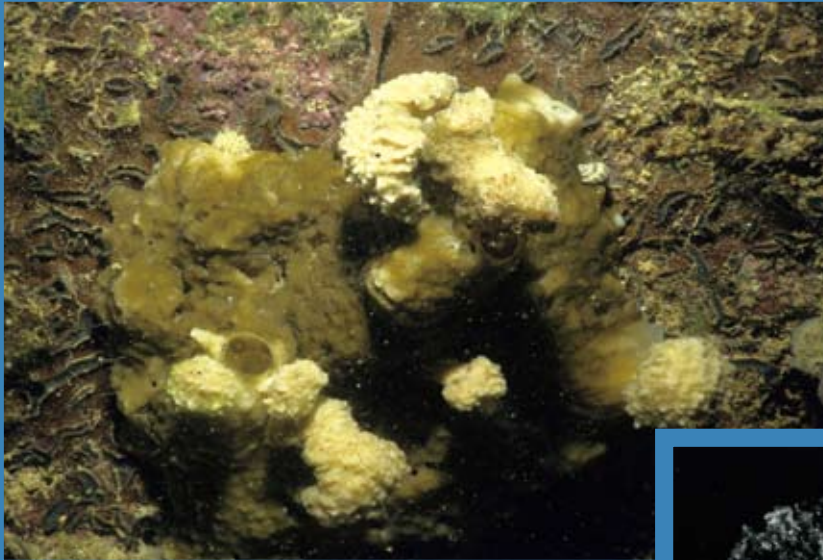
有些淡水海綿遇到惡劣環境 (例如枯水期) 會萎縮到剩下幾個細胞，以度過危險期。一旦適合的環境再度來臨，則會重新再發育成爲一個新的個體。

古代希臘人已懂得利用海綿強大的再生能力，把牠分切數塊當成種子般，放入海中長成完整的新個體後再回收，做為清洗身體用的海綿。

就醫學用途上而言，要研究在人工環境下培養出新器官或組織，以提供人類的需要，學術界除了以兩棲爬蟲類為模式動物外，至今在細胞學的研究上，海綿仍是最佳的研究模式動物。因為海綿細胞的可變性高，有些細胞具有轉換成其他細胞的潛能。若可以因此而了解細



海綿體表上有許多生物棲息的場所



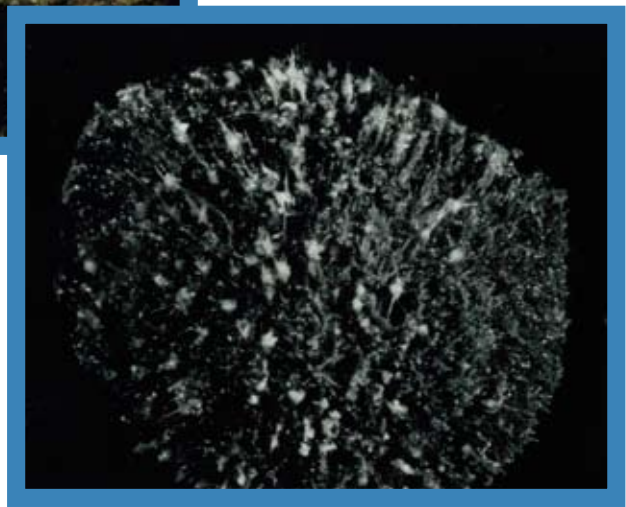
挖孔海綿表面長出無性生殖的肉芽

胞轉換機制的奧妙之處，應用在引導人類幹細胞發展成目標細胞的用途上，就可能產生很高的醫學價值。

在台灣，海綿的研究至今仍是差強人意，多數附屬在海洋生態研究的名義下，苟延殘喘地進行著。三十多年前，許多年輕學子在張崑雄教授的鼓勵和帶領下，紛紛投入海洋生物的研究行列，國內頓時興起一陣研究海洋無脊椎生物的風潮，海綿也曾名列其中。

如今台灣珊瑚的學術研究已經在國際上占有一席的地位，珊瑚保育工作在國際上更是赫赫有名。但是海綿的研究仍處於發芽的階段，除了研究海洋天然產物的學者外，幾乎無人長期獻身在這個冷門的領域。許多海綿基礎分類和生態的資料付之闕如，連海綿的種類鑑定，還需仰賴國外的學者協助，殊為遺憾。

海綿不僅是維繫珊瑚礁生態系不可或缺的一員，也具有多重經濟和學術價值，已成為現今最夯



球形海綿的體表面充滿無性生殖的芽體

的海洋生物之一。期望國內相關學術單位能急起直追，借重台灣的經濟實力和網路數位科技的協助，鼓勵年輕學子投入，在珊瑚礁生態發達的台灣，建立研究海綿的國際學術地位。

陳勇輝

國立海洋生物科學博物館科學教育組

周淑芬

海綿不僅是維繫珊瑚礁生態系不可或缺的一員，  
也具有多重經濟和學術價值，已成為現今最夯的海洋生物之一。