



海綿神奇的伸縮能力

Mesohyl creep in Demospongiae

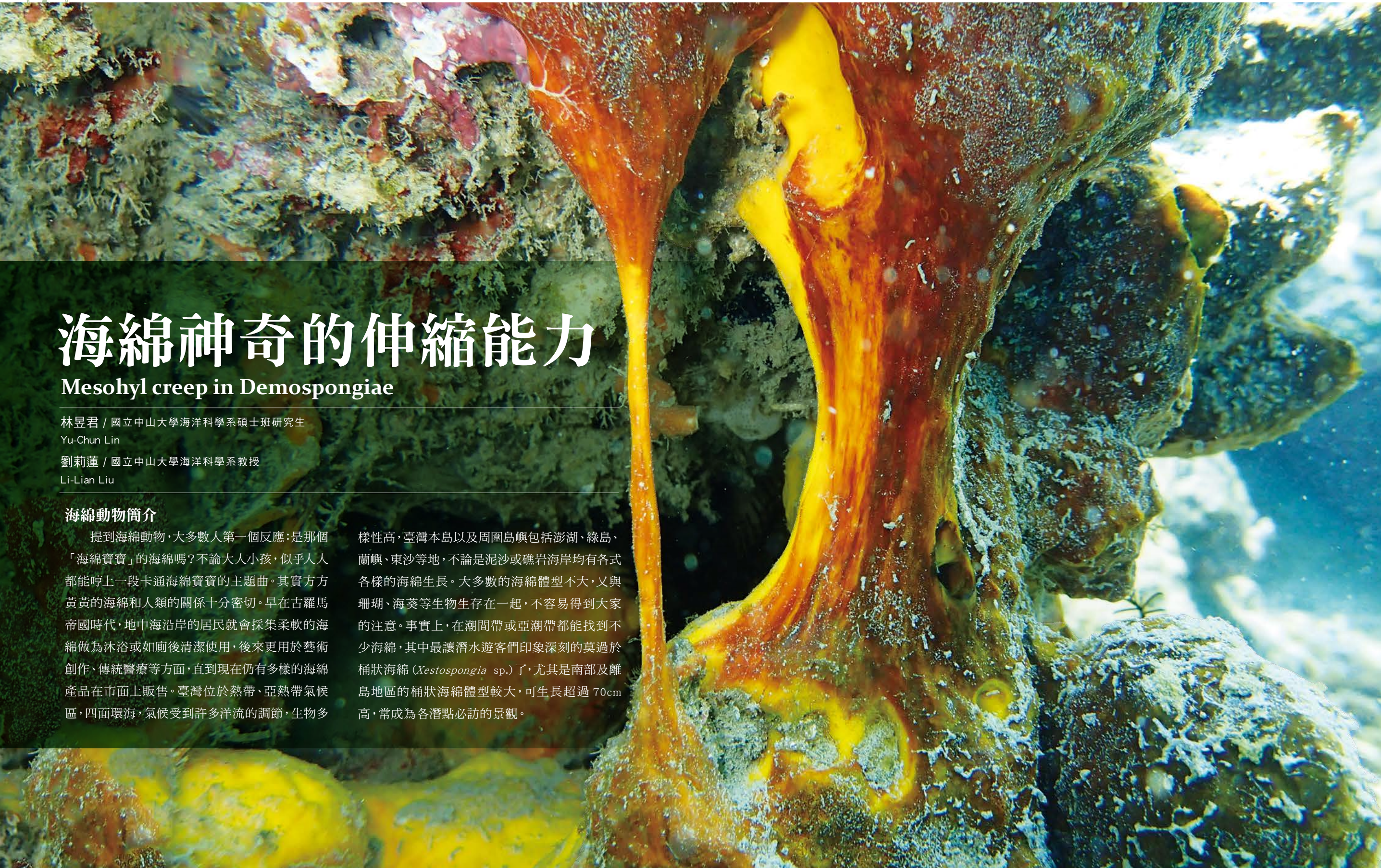
林昱君 / 國立中山大學海洋科學系碩士班研究生
Yu-Chun Lin

劉莉蓮 / 國立中山大學海洋科學系教授
Li-Lian Liu

海綿動物簡介

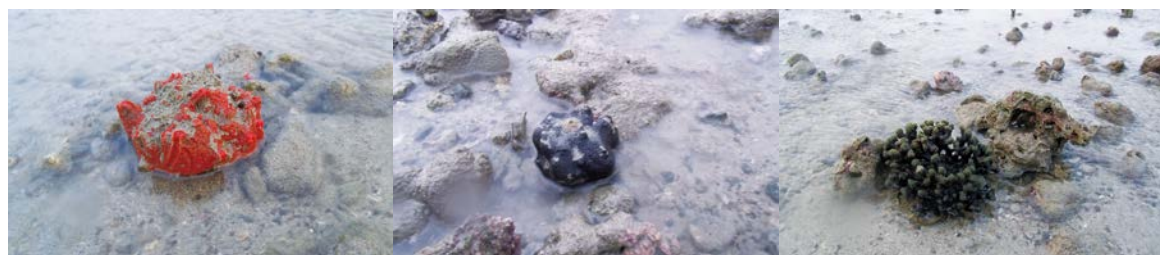
提到海綿動物，大多數人第一個反應：是那個「海綿寶寶」的海綿嗎？不論大人小孩，似乎人人都能哼上一段卡通海綿寶寶的主題曲。其實方方黃黃的海綿和人類的關係十分密切。早在古羅馬帝國時代，地中海沿岸的居民就會採集柔軟的海綿做為沐浴或如廁後清潔使用，後來更用於藝術創作、傳統醫療等方面，直到現在仍有多樣的海綿產品在市面上販售。臺灣位於熱帶、亞熱帶氣候區，四面環海，氣候受到許多洋流的調節，生物多

樣性高，臺灣本島以及周圍島嶼包括澎湖、綠島、蘭嶼、東沙等地，不論是泥沙或礁岩海岸均有各式各樣的海綿生長。大多數的海綿體型不大，又與珊瑚、海葵等生物生存在一起，不容易得到大家的注意。事實上，在潮間帶或亞潮帶都能找到不少海綿，其中最讓潛水遊客們印象深刻的莫過於桶狀海綿 (*Xestospongia* sp.) 了，尤其是南部及離島地區的桶狀海綿體型較大，可生長超過 70cm 高，常成為各潛點必訪的景觀。





大型的桶狀海綿常吸引潛水遊客的目光，是大家較熟悉的海綿型態。(譚之歡 攝)



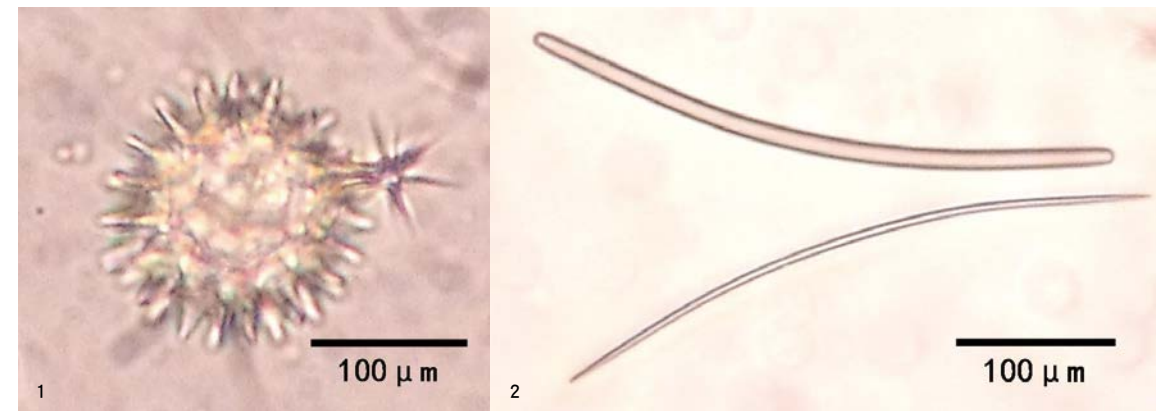
澎湖的潮間帶，可以發現 3 種常見的海綿。(林昱君 攝)

海綿動物可能是現今已知的多細胞動物中最奇特的一群，牠們幾乎生存在所有類型的海域、河口及淡水生態系。在一般動物體內可發現的消化、呼吸、循環、排泄等器官及系統，在海綿動物體內均闕如。海綿的身體主要為體壁及由體壁圍繞的中央空腔所組成，體壁上有許多小孔，透過體壁細胞纖毛和鞭毛的擺動，引導水流通過體壁及中央空腔，完成攝食、排泄等各種生理功能。因此，在生物分類上，海綿動物被歸類為多孔動物門(Porifera)，拉丁文意為「有孔的」。海綿動物的體壁由兩層細胞所構成，外層細胞稱為「皮層」(dermal epithelium)，內層細胞稱為「胃層」(gastral epithelium)，兩層細胞之間則為細胞間質所填充，稱之為「中膠層」(mesohyl)，中膠層內通常具有一些游離的細胞，可製造海綿動物的骨骼，包括骨針(spicule)及海綿絲(spongin fiber)。這些骨骼

可提供海綿個體支持及保護。

浴用海綿：不產骨針的海綿

自古以來，潛水採集海綿在地中海的卡利姆諾斯島(Kalymnos)便是一個重要的行業，為當地帶來社會和經濟的發展。直到今天，這裡仍是海綿的生產中心，也有相關的博物館與體驗活動讓遊客探訪。早期的潛水員會搭乘小船出海，利用長圓筒型的棒狀物，像望遠鏡一樣窺探海床上是否有海綿生長，找到後潛水員便下海採集。他們不靠任何裝備，只抱著一個綁在船上的重物，讓自己快速下沉至約 30m，採集時間長短視潛水員的肺活量而定，一般停留 3-5min，有點類似日本的海女。19 世紀中葉，潛水衣引進後，潛水員可以潛得更深、更久。當時最大的海綿採集艦隊擁有 300 艘船舶，每船配備 6-15 名潛水員，



海綿的骨針有各式各樣的形狀，1. 星狀骨針；2. 棒狀骨針。(林昱君 攝)



海綿的骨架。1. 有些種類主要由骨針所構成；2. 有些則由海綿絲構成，較有彈性；3. 大多數海綿則兩者兼具。(林昱君 攝)

另有 70 艘使用魚叉及 70 艘拖網的漁船採收海綿，一次航程會在海上停留至少 6 個月，進行海綿採集並與鄰近國家進行貿易。由於潛水員下潛的深度、次數及停留時間都增加，卻沒有進行適當的減壓措施，在 1886-1910 年間，造成上萬名潛水員死亡或癱瘓。因此 19 世紀末葉，土耳其蘇丹王下令禁止再使用潛水衣，這項規定卻造成重大的經濟損失，短短幾年後潛水衣便又恢復使用，但是減壓相關的後遺症也有增無減。後來海綿貿易商開始免費提供當地居民醫療與教育等服務，達成雙贏的局面。20 世紀以後，受到疾病、颱風及大量採集等因素的影響，使得天然海綿的數量大幅減少，加上便宜的人造海綿問世，海綿採集業便漸漸沒落。但市場對天然海綿的需求仍在，於是興起了海綿養殖業，主要的養殖對象是浴用海綿(以 *Spongia* sp. 為主)，業者將天

然的浴用海綿切成小塊，以固定的間隔綁在繩子上，放養在適合海綿生長的海域，一般約 2 週海綿塊就可長出完整的表皮，生長的速率依種類而異，1-2 年後便可採收。

我們所使用的浴用海綿，其實就是海綿個體經淘洗、曝曬後，所留存下來的海綿絲。海綿絲由蛋白質構成，質地強韌有彈性，其外觀形態、在海綿身體內的分布情形、其內是否包覆砂石等，均因海綿種類而異。其他大多數的非浴用海綿身上長滿了各種形狀的骨針，所以就不像浴用海綿那樣柔軟，骨針的成分通常是矽質或碳酸鈣質，有針狀、星芒狀、球狀、勾狀等等，各式各樣的形狀、大小及其在海綿體內的排列情形，則是分類鑑定的主要依據。除了直接將海綿的身體拿來使用，臺灣及世界各地的科學家與醫療團隊也已從海綿中萃取出許多天然化合



物(二次代謝物 secondary metabolites)，這些化合物在海綿體內具有防禦的功能，可減少魚類的啃食或抑制其他生物的附著。近年來許多研究指出這些天然物在癌細胞的毒殺試驗中，有相當高的比例表現出顯著的藥物活性，讓海洋中不起眼的海綿動物成為新興藥物研發的焦點，是相當值得開發的海洋資源。

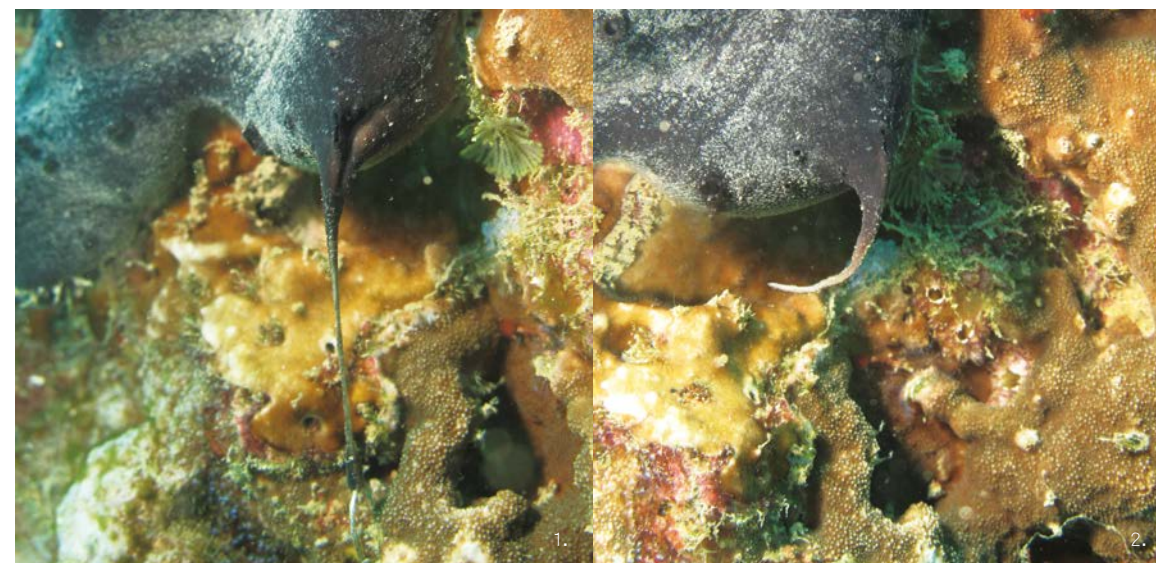
能伸能縮的神奇海綿：中膠層延伸現象

地中海沿岸常見的海綿 *Chondrosia reniformis*，不會自行製造骨針及海綿絲，身體主要由各種膠原蛋白(collagen fiber)所構成，因此比其他種類海綿柔軟許多。在野外常常可以看到這種海綿的身體有向外延展的現象，呈現半流體的性質，延伸的長度可達 3m，有時候延伸部位也有縮回的現象，就像動畫航海王裡的橡膠人一樣能伸能縮，這種現象稱之為「中膠層延伸」(mesohyl creep)，其發生頻率與環境溫度及外力有關。為了深入瞭解這樣的現象，Parma 等人(2007)及 Fassini 等人(2012)組成的研究團隊進行相關

系列研究。彙整完整結果說明如下，他們將此種海綿切成許多大小相等的海綿塊(2.5×2.5×15 mm)，垂直黏貼在玻璃片上，並在其下方分別吊掛 0.056g 的金屬球，培養在不同溫度的人工海水中。在短短的一天之內，幾乎所有的海綿塊都有被拉長的現象，且在適當的溫度範圍內，溫度愈高海綿塊形狀改變愈快。若海綿塊上的金屬球脫落，原先被拉長的部位會縮回去！除了 *C. reniformis* 之外，其他海綿如 *Pseudocorticium jarrei* 及 *Clathrina clathrus* 等也有變形的能力。這類海綿的共同特徵是不會自行合成骨針及海綿絲，或是製造的骨針少，只分布在體表，且多為球狀或星形，因此，牠們可以適應各種不同的生存環境。在臺灣周圍的淺海也有這類型的海綿貼附在各種基質上生長，在自然情況下也可以看到中膠層延伸的現象，若透過外力作用，這種現象應該會更明顯。於是，2013 年春天我們在墾丁附近海域做了一個小小的實驗，當我們把約 7g 的鉛錘用魚鉤掛在海綿身上，短短的一天後，被掛上鉛錘的地方就向外延伸，細細長長的，很



1. *Chondrilla* sp. 及 2. *Chondrosia* sp. 是兩種在臺灣南部海域中具中膠層延伸現象的海綿。
(1.周雅嵐 攝、2.周雅嵐、廖荻燁 攝)



Chondrilla sp. 1. 為其掛上鉛錘，一天後就可以看到掛鉛錘的地方被拉長了。
2. 把鉛錘拿掉，原先被拉長的部位又會立刻縮回去！(周雅嵐 攝)

像嚼過拉長的口香糖一樣，而把鉛錘移開後，被拉長的部位也會縮回去，真的很神奇！

一般來說，動物體的形態改變通常是由於個體生長或細胞收縮運動所造成，但是海綿的中膠層延伸現象在 1-2 小時內即可發生，且在海綿的解剖構造上並沒有發現大量的收縮細胞足以解釋這樣的現象。目前學者認為這類海綿體內的膠原蛋白具有類似人類肌纖維的蛋白纖維結構，可以透過調控蛋白纖維與纖維之間的距離來改變其身體的硬度與延展性，當纖維排列得愈疏鬆，海綿身體便愈柔軟，可因地心引力等外力的作用而向外流動、延伸，而且活的海綿細胞對於身體硬度的調節具有主控能力。Wilkie 等人(2006)曾將海綿組織浸泡在純水中，使海綿細胞吸水脹破後，中膠層延伸現象便不再發生，可見此種身體硬度及形態的改變是需要活細胞的存在才能進行的。

中膠層延伸的能力對於這類海綿的生存可能很重要，尤其是在底質不穩定的地區，例如砂礫或二枚貝的殼所堆積形成的海岸，這裡的海綿很容易因底質破碎或海浪拍打而被沖走，或被落

下的石塊壓住而死亡。此時若能將身體變軟呈半流體狀態，或利用變形能力移動到周圍相對穩定的環境中繼續生存，也許可以提高這些海綿的存活機率(Duckworth *et al.* 2011)。另外，有時海綿的身體向外延伸後可能會斷裂，使原本一個海綿個體變成兩個，這也是一種無性生殖的方式，每年夏天地中海沿岸的 *C. reniformis* 海綿族群就會因為此種生殖方式而變得又多又小(Fassini *et al.* 2012)。對人類來說，海綿動物的這種變形能力實在是太驚人了，若能模仿牠們的身體，製作出可隨心所欲調整硬度的人造材質，就可廣泛應用在工程上，甚至應用在日常生活中。

結語

海綿和大家較熟悉的珊瑚都是淺海域的底棲動物，但不像一般的動物會跑會跳，因此常被誤認為是植物或是沒有生命的物體，總之，和卡通當中有手有腳的形象實在相差太遠。事實上，海綿動物也會悄悄的移動或改變身體結構，以獲取更多食物及更穩定的生存空間。下次有機會到海邊，大家可以仔細找找海綿動物的身影喔！