

## 女王頭與蕈狀石的成因

The Origin of the Queen' Head and Pedestal Rocks

洪奕星 張英如 國立臺灣海洋大學地球科學研究所

Hong, Eason Chang, Ying-Ju Institute of Geosciences, National Taiwan Ocean University

蕈狀石、薑石、珠石及燭台石等等都是臺灣北部海岸，野柳地質公園內極富盛名的奇岩怪石，其中數量最多也是最著名的地景就是蕈狀石(圖1)。每一個蕈狀石的上部都有一個深褐色球狀或不規則狀的岩石，是為蕈狀石的頭部；下方則有一石柱支撐，是為蕈狀石的頸部。經濟部中央地質調查所前所長徐鐵良先生，在1964年時稱之為擎柱石，由於在外形上看起來好像是一朵朵的磨菇，所以又叫它做蕈狀石。

### 謎樣的身世

野柳地質公園內的蕈狀石數量多達180餘個，其中最具代表性的就是女王頭(圖2)了。女王頭的頸部修長、頭部外型像極了一個凝視遠方的古典女王。此外，在基隆市的和平島、新北市的深澳岬角(舊名番仔澳)和鼻頭角等處，也都有類似蕈狀石的發育，其中在和平島的蕈狀石又被當地居民叫做千人堆或萬人塚。

對於這些馳名國際的蕈狀石，大家不免好奇的想知道它們是如何形成的。雖然坊間比較常聽到的說法是，蕈狀石的頭部是顆結核，後來在差異侵蝕下所形



圖1 野柳地質公園內的蕈狀石



圖2 極負盛名的女王頭

成的。不過在查遍國內學術文獻後，卻找不到有任何一篇是以結核來解釋的(表一)。

### 專業來解謎

#### 徐鐵良(Hsu, 1964)

最早從事野柳地區蕈狀石調查

的是徐鐵良先生，在他以英文書寫的論文中，圖文並茂的說明了蕈狀石是發育在中新世大寮層中部厚約38公尺的砂岩段中(圖3)，此段中的第三層為厚約2公尺的石灰質砂岩層，由於富含石灰質抗蝕性較強，是構成蕈狀石頭部的岩層。而在其下的第二層，厚約19公尺含有化石和不規則結核的砂岩層，則因岩性較弱容易遭受風化和侵蝕，是構成蕈狀石頭部的岩層。

對於順著傾斜地層分布發育的蕈狀石，徐認為是在區域抬升的過程中先受到節理的切割，再因上下層岩性強弱的不同而在差異的侵蝕下所形成的，至於蕈狀石開始發育的時間則推測為更新世。

#### 梁繼文(1975)

稍後，省立海洋學院(國立臺灣海洋大學的前身)的梁繼文教授，除了認同徐氏所述頭頸上下兩層的岩性不同外(圖4)，還採取了蕈狀石(梁稱之為蕈石)頭部和頸部的樣本。經由臺灣省礦物局代為從事岩石成份分析後，證實上層外觀陳舊富含鈣質(10.23%)，岩性比較堅硬；而下層色澤鮮明含鈣質甚少(1.02%)，岩性也比較弱。

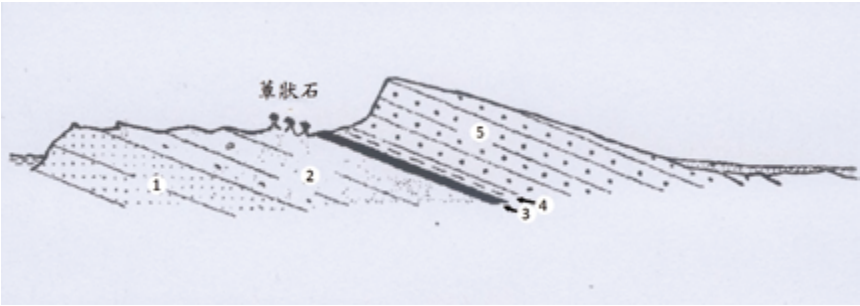


圖3 轉繪自徐鐵良(Hsu, 1964)文中的第2圖，圖中塗成黑色的第3層是構成蕈狀石頭部的岩層，而位在下方的第2層則是構成頸部的岩層

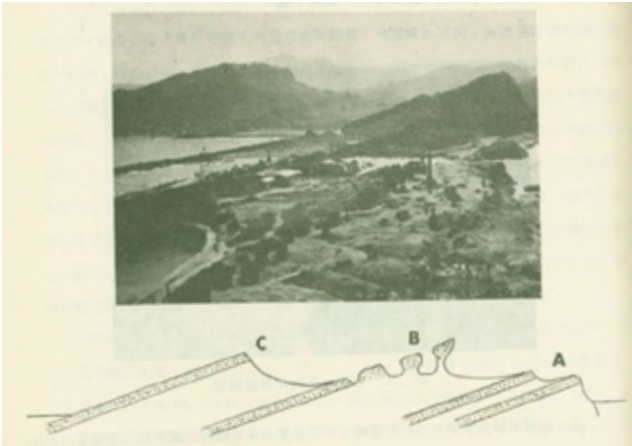


圖4 摘取自梁繼文(1975)文中的第31圖，圖中B層是構成蕈狀石頭部的岩層，而位在B層下方的白色層則是構成頸部的岩層

由於蕈狀石的分布頗為規則，梁也認為是受到區域節理的切割所致，並因而推論目前在野柳岬前海水面一帶出露的豆腐岩(圖5)，即為蕈狀石發育的初期。此外，並特別指出蕈狀石是在更新世末次冰期(約1萬2千年前)，當野柳岬高出海水面後才開始發育的。

#### 盧秀如(1978)

中國文化大學的盧秀如教授進一步針對蕈狀石(盧稱之為菌狀石)的頭部和頸部取樣，從事物理、力學和化學性質的分析。其結果顯示頭部確實含有較多的鈣質(32.1%)，同時在抗壓強度、磨損率、乾溼密度，以及比重等均顯著優於頸部，證實了此種岩性強度上的差距，確實能產生差異侵蝕的效果而形成蕈狀石。



圖5 出露在野柳岬前的豆腐岩，左上方二組相互平行的黃色線條，標示相互截切的二組節理方向

此外，當盧進一步針對頭部的內外進行化學組成分析時，卻赫然發現蕈頭內部(1.1%; 1.8%)和頸部(1.02%)的鈣質成份並無明顯差異。因此特別強調蕈狀石的頭部只是包有一層鈣質的硬殼(32.1%)而已，也就是說頭部和頸部等上下二層的岩性相似，並無明顯的差異。此外，對於蕈狀石最初發育的時間，則推測為大約是從數千年前開始的。

#### 王鑫和李桂華(1984)

國立臺灣大學地理學系教授王鑫和李桂華接受臺北縣政府(現為新北市政府)觀光旅遊局委託，在徐鐵良和國立臺灣大學土木工程學系洪如江教授的協助下，針對野柳岬蕈狀石(王和李稱之為擎柱石)的物理性質、組成和成因等，進一步擴大的加以探查。

在岩石的強度測量方面(包括了史密特岩石強度、點荷重強度和消散耐久性測定等)，再次顯示頭部外殼皆相對強於頸部的岩石樣本。值得一提的是，雖然王和李宣稱蕈頭內部所測得的史密特岩石強度平均值(23)是大於頸部兩個平均值(23.8, 19.6)中的19.6。然而，頸部另外一值23.8卻略大於蕈頭內部的23，顯示殼內和頸部的岩石強度並無明顯的區別。

此外，經由顯微鏡薄片的觀察顯示，蕈狀石的頭部外殼、頭內部份，以及頸部的岩石在組成成份上十分近似，整體而言，只有頸部的膠結度和淘選度較差而

已。此一觀測結果再加上史密特岩石強度的平均值，足以證明蕈狀石頭部和頸部所在的上下二層在岩性上並無明顯的不同。換句話說，只有頭部外殼相對富含鈣質的風化殼，在物理性質上較為強硬，也因此較不易受到風化和侵蝕。

由於在水面下並無蕈狀石的發育，因此認為當地層抬升高於海水面時，蕈狀石才開始經由風化作用(包括了反復乾溼、生物作用、風蝕和鹽結晶等作用)所形成的。並藉由北部海岸地殼抬升的速率每年2mm，而從蕈狀石的高度推算出其開始發育形成的時間，不會早於4000年前。

#### 洪奕星和黃怡禎(Hong and Huang, 2001)

國立臺灣海洋大學教授洪奕星和前中央研究院副研究員黃怡禎博士，在帶領學生野外實習時，從一些龜裂破損的蕈狀石頭部上，發現頭部僅僅是由一層厚度小於3 mm 的風化殼所包覆，再加上大寮層中部砂岩段中特有的指標生痕化石一簇管痕<sup>註</sup>，直接從頸部向上貫穿頭部和外殼，顯示蕈狀石的頭部並非結核。

再經由岩石組成分析後發現，蕈狀石頭部深褐色的風化殼，以及淡灰色新鮮尚未風化的蕈頭內部、頸部和周圍地面的岩石等，在礦物組成上【石英、斜長石和方解石等】和在結構上【淘選度差、富含填充質、礦物顆粒外形為角狀至次角狀】，均相似而無法區別。唯一的不同是，只有在風化殼的岩石薄片上，呈現明顯如赤鐵礦深褐色般的色素和方解石小細脈。顯示相關的地層在組成和岩性上並無明顯差異，只有等到地層露出於海水面後，才經由風化和侵蝕而形成蕈狀石的。洪奕星教授和黃怡禎副研究員雖然在文中針對蕈狀石有提出一個六階段形成發展的過程，但卻未曾說明是如何推論出來的。

#### 發展過程的推論

既然蕈狀石的頭部不是個結核，而頭和頸部所在的兩個地層在未露出到海水面之前，岩性上又是彼此相

似。那麼頭部的風化殼又是如何成形的？本文試著依據地球科學的研究方法，經由野外的觀察、分類和比較後來推測蕈狀石發育成長的過程。

先舉一例來說，當我們觀察桑樹好一段時間，記錄所有在桑葉上的有機體和其數量，然後將其區分出蠶寶寶、蠶繭、蠶蛾，和蠶卵等四種類別。我們當然都知道這四種類別在整個生長發育階段中的順序(圖6)。同樣的道理，依據洪奕星和黃怡禎(Hong and Huang, 2001)在基隆和平島蕈狀石的分布地區，從事系統性的觀察和記錄所有的地景型態和數量後，大致上可以歸納出：窪坑、頭頂部、頭部、頭頸部、斷頭頸等五種發展階段的類型。然後將每一個類型相互比較排序後，即可呈現出蕈狀石的形成過程(圖7)。在野柳地質公園內也可觀察出同樣的類別來，現依序說明如下：

### 一、窪坑階段

#### (一) 窪坑的形成

蕈狀石所處的地層，遠觀有層次近看卻無層理，是受到生物強烈擾動的粉砂岩層(平均粒徑小於50  $\mu\text{m}$ )而非砂岩層。由於受到生物強烈的擾



圖6 蠶寶寶生長發育的階段圖

動，因此粉砂和泥混雜分布(淘選度非常的差)。而當地層出露到海水面之上後，在風化和侵蝕的影響下，泥質較富集的地方較容易受到侵蝕而形成各式形狀和大小不一的窪坑(圖8)。

#### (二) 反復乾溼

窪坑一旦形成，便常常會因為下雨而積水，或是仍受到海水的作用，同時再反復被太陽曬乾。每一次積水時均會溶解些岩石中的碳酸鈣，而在日照蒸發下石灰質溶液的濃度愈來愈高，終究會將碳酸鈣重新結晶充填在窪坑表層顆粒間的孔隙內和裂縫中，形成一薄層鈣質的硬殼。

此外岩層中也含有鐵的成份，在水的催化和反復高溫的曝曬下，未能結晶完成的赤鐵礦和針鐵礦也會沉澱在其他顆粒的表面上，將窪坑底部的顏色浸染成黃褐色至深褐色，使得其岩性更強、抗蝕性愈好。

### 二、頭頂部階段

窪坑的周邊因無水蓄留無法形成抗蝕性的硬殼，差異侵蝕便從窪坑周邊的硬殼外側開始，逐漸侵蝕出外環凹溝來。這也使得原先相對較低的窪坑底部，逐漸變得略高出四周的環溝而形成蕈頭的頂部(圖9)。

### 三、頭部階段

新形成的外環凹溝，又開始經歷反復乾溼而在內外溝壁上均形成薄層風化硬殼。在環溝外的地表則繼續

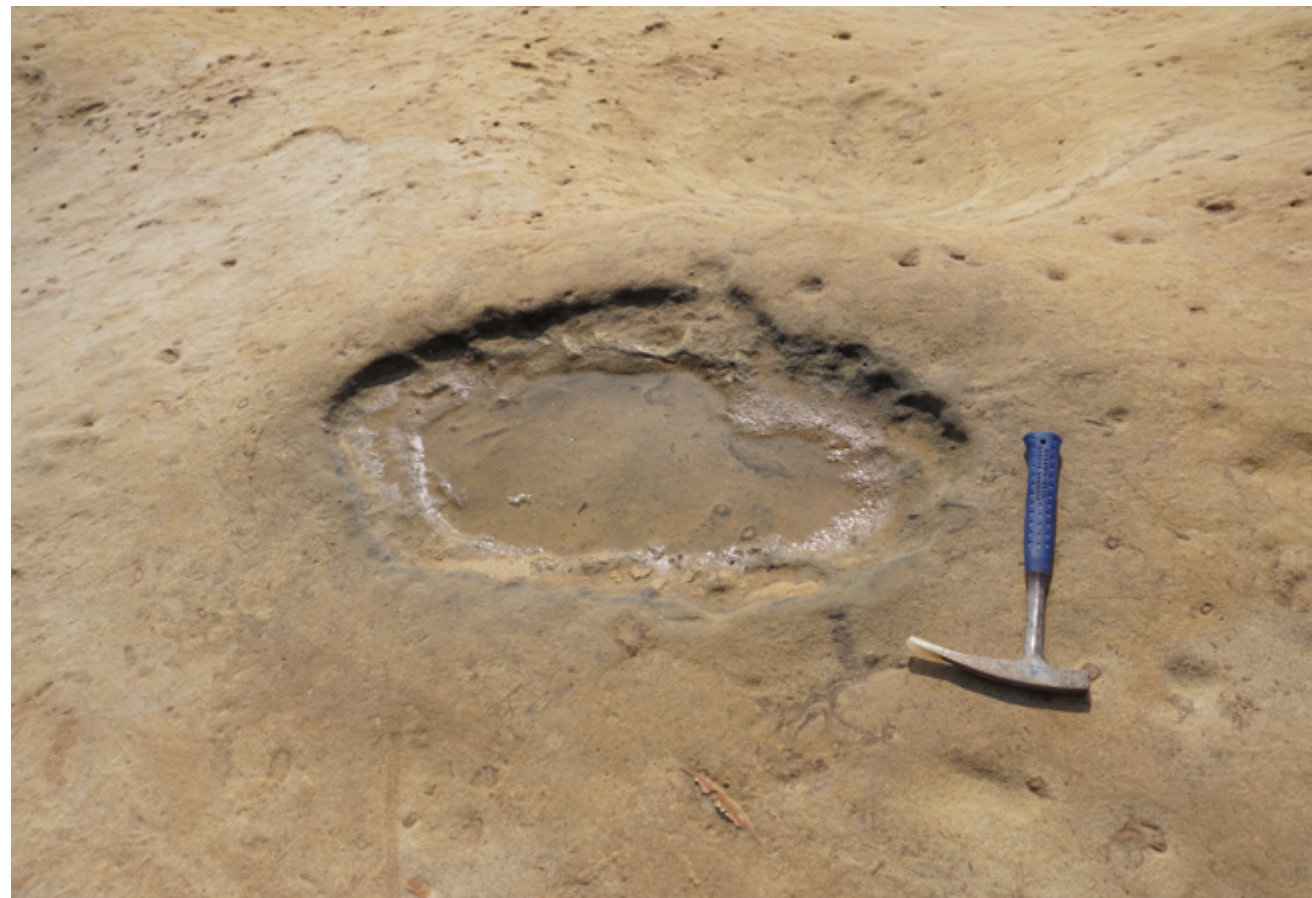


圖8 窪坑，會反覆因下雨或海浪拍擊而積水，並在烈日下蒸發乾涸

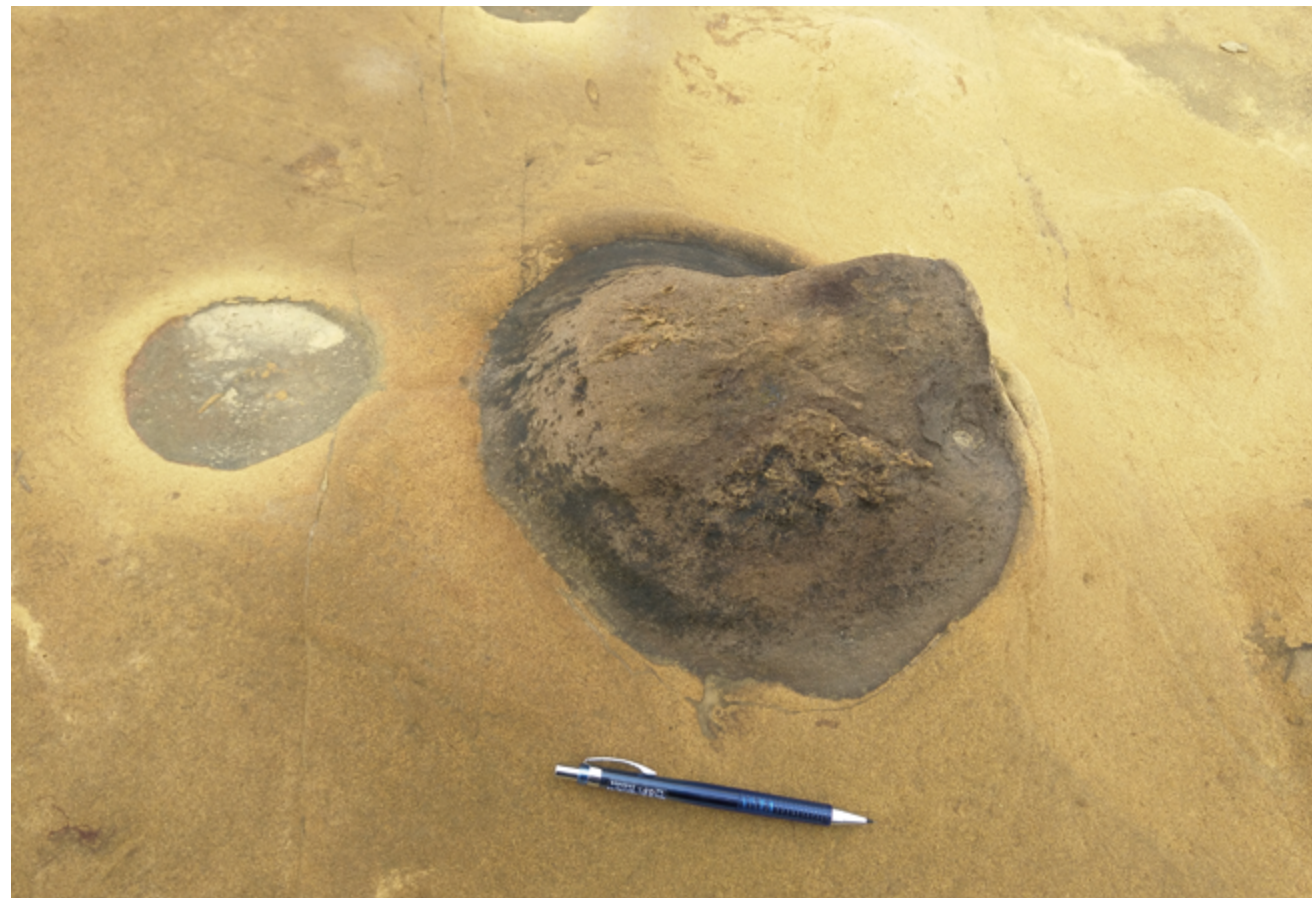


圖9 蕈頭頂部已經發育成形，周邊也有環溝可以繼續積水促成側邊進一步的風化

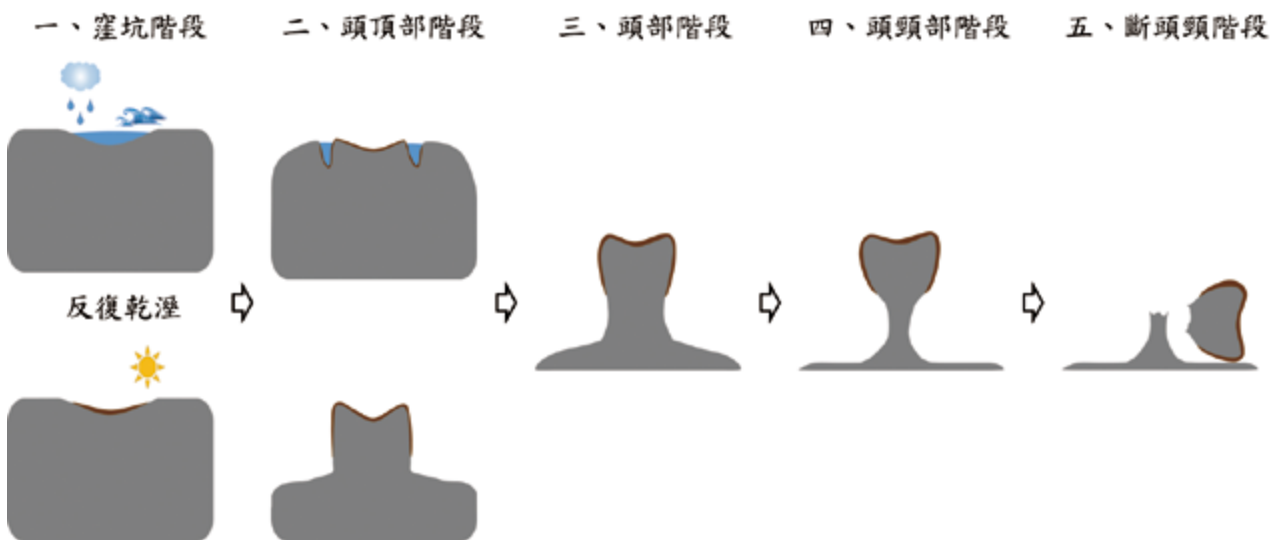


圖7 蕈狀石，由窪坑開始之發展階段圖

受到侵蝕而逐漸低降，導致外溝壁硬殼崩塌，使得各種不同形狀和大小的蕈狀石頭紛紛冒出於地表(圖10)。

#### 四、頭頸部階段

蕈狀石的頭部一旦凸出地表後即無處可以蓄水，反復乾溼的風化作用遂無法發生，薄層硬殼也因此停止發育。四周的地表則因侵蝕而繼續降低，漸漸的只留有頭部正下方一根根支撐的擎柱，恰似一朵朵的磨菇

矗立在地表上(圖11)。

#### 五、斷頭頸階段

風化和侵蝕作用(包括風蝕、雨蝕和鹽結晶的作用)，不僅讓地表的高度逐漸低降，也導致頸部愈來愈細長，長久下來終究無法再支撐而使得頭部墜落，成為斷頭頸(圖12)。

然而在野柳地質公園內，大多數的蕈狀石在區域的分布上呈現出兩組近似60度和120度交角的線形排列



圖10 高出四周深褐色風化殼的蕈頭頂部，環溝已經和低下傾斜的地表合一，無法再蓄水了



圖11 頭頸部發育完成，猶如一枝野生菌菇直立冒出於地表上



圖12 蕈狀石的頭部墜落後只剩下支撐的擎柱



圖13 蕈狀石在區域的分布上，呈現出如黃色線條所示的兩組近似60度和120度交角的線形排列

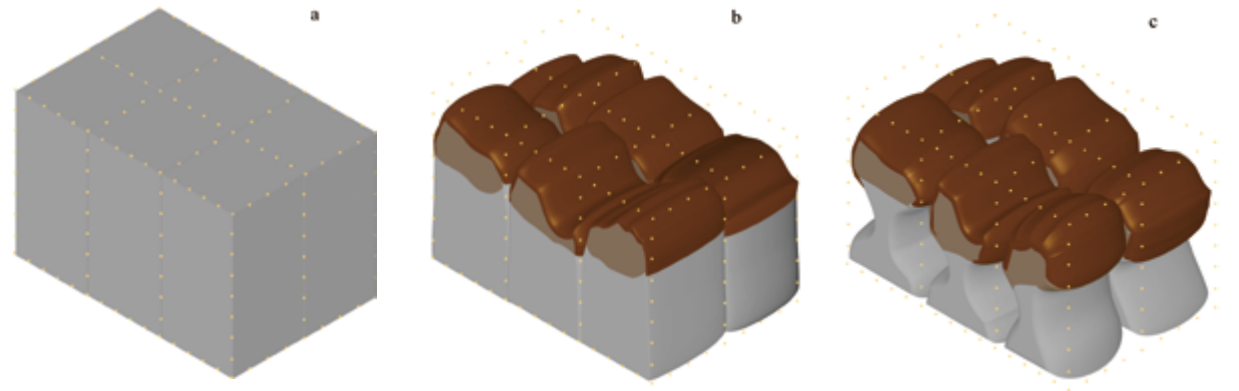


圖14 呈線型排列的蕈狀石群，是從初始的節理裂隙(由黃點標示在上之淡灰色實線)開始(a)，因受到波浪作用和風化作用逐漸擴大並同時向下侵蝕(b)，最後形成有頸柱支撐的奇特地景(c)

(圖13)，前述學者們均指出，節理是園區內蕈狀石形成的主要控制因素之一。由於兩組節理的關係，使得相關地層初步抬升到海水面時，即受到風化和海水的作用，而形成格子狀的節理裂隙，此即為另一種有系統的窪坑。在與圖7相同的形成過程下，此種格子狀的節理窪坑隨著地層逐漸的抬升傾斜，在差異侵蝕的作用下逐步發展出呈現規則排列的蕈狀石群(圖14)。

從上述的文獻回顧，以及現地觀察和推論的分析中，我們大致可以了解蕈狀石的成因。也因此十分的肯定，在其生長發育過程的最後階段，頸部的碎裂和斷頭是蕈狀石的宿命，其中當然包括了大家所鍾愛的女王頭。

女王頭自從1997年開始，頸部的直徑便以每年0.2到5公分之間的速率在縮減。交通部觀光局北海岸及觀音山國家風景區管理處，曾經商請專業團隊探詢可能的岩石補強方案，希望延緩女王頭風化的速度，但很可惜的是尚未找出一個合宜的方法。而為了維持當



圖15 簇管痕(*Schaubcylichnus*) 像箭簇一樣一捆捆聚集在一起具有淡白色管壁的生痕化石

地的觀光盛況，確實有需要多方央請相關的專業團隊，繼續監測和尋求可行的方法來增補頸部表面的抗蝕強度，務使高貴的女王能繼續傲視穹蒼，受到國內外遊客們的景仰。

註釋

【註一】簇管痕(*Schaubcylichnus*) 像箭簇一樣一捆捆聚集在一起具有淡白色管壁的生痕化石(圖15)，由於管徑相對較大而且向下有聚合的現象，而與其他地方的不同。因此洪奕星教授和當時為博士後的瑞典籍 L. Löwemark 共同將它命名為福爾摩沙新種(*Schaubcylichnus formosus*)，並發表在國際知名的生痕化石專業的雜誌上(Löwemark, and Hong, 2006)

參考文獻

- 梁繼文，1975。基隆和平島八斗子間海崖地形來源的自然地理因素分析與比較研究。海洋學報，第10期，頁311 - 360。  
盧秀如，1978。台灣北端野柳海岸菌狀石成因之再探討。中國地理學會會刊，第六期，頁10 - 45。  
王鑫、李桂華，1984。台灣北海岸野柳擎柱石成因之研究。經濟部中央地質調查所特刊。第3號，頁257-272。  
Hong, E. and E. Huang. 2001. Formation of the pedestal rocks in the Taliao Formation, northern coast of Taiwan, Western Pacific Earth Sciences, 1 (1), 99-106.  
Hsu, T. L. 1964. Hoodoo rocks at Yehliu, northern coast of Taiwan. Bull. Geol. Surv. of Taiwan, 15, 37-43.  
Löwemark, L. and E. Hong. 2006. *Schaubcylichnus formosus* ichnosp. nov. in Miocene sandstones from northeastern Taiwan. Ichnos. 13/4, 267-276.