

高雄市的泥火山地形景觀與變遷

文/圖 齊士崢 ■ 國立高雄師範大學地理學系教授(通訊作者)
任家弘 ■ 國立高雄師範大學環境教育暨安全衛生中心助理研究員
何立德 ■ 國立高雄師範大學地理學系副教授
林建偉 ■ 國立高雄師範大學地理學系專任助理
呂政豪 ■ 國立高雄師範大學地理學系博士班研究生

泥火山是地下淺層的泥與水混合物、天然氣，受高壓作用，沿著岩體裂隙噴出地表的「假火山」。泥火山不會噴火，我們在泥火山看到的噴火現象，多是人為點燃泥火山噴出的可燃性氣體造成的。一般狀況下，泥火山也不會爆炸、傷人，因為泥火山噴發的是較低溫的泥、水混合泥漿(目前測得的較高溫是烏松泥火山接近60°C的泥漿)，而火山爆發會造成巨大災難，是因為火山噴出的物質是來自地下深部的高溫融熔「液態岩石」，溫度可超過1,000°C。不過因為泥火山噴發泥漿、泥漿流動過程和逐漸乾、縮形成的表面紋路，非常類似縮小版的火山噴發和岩漿流動、冷卻過程形成的現象，所以我們稱它為「泥火山」。

由於泥火山活動的泥漿來自地下，一般我們均只能由其活動特徵推測成因，包括：

1.泥火山噴發泥漿，所以地下必須要有泥岩分布。



圖1 烏山頂泥火山

- 2.泥火山噴發泥漿，所以必須要有地下水來源。依據學者研究，泥漿中所含水份的主要來源是地層水，就是泥岩尚為疏鬆沉積物時所含的孔隙水。
- 3.泥火山噴發大量天然氣，大多以可燃的甲烷為主。淺海相地層普遍均會產生天然氣，天然氣容易匯集於背斜軸部，或由裂隙較密集處向地表移動。

4. 泥火山主要分布於斷層帶和褶曲的軸部。這些地區的地層有較多裂隙，利於泥漿與天然氣匯集並向地表運動。
5. 泥火山泥漿是逆重力方向的移動，故需要動力來源。一般認為動力主要來自地下氣體壓力、板塊擠壓的大地應力和地層重壓的應力等等。

泥火山地景包括山體形狀、泥漿噴發活動、泥漿流動與乾縮、降水衝擊與逕流沖刷的侵蝕等四類景觀。山體的形狀包括不同規模的錐狀、盾狀，或噴泥池、噴泥盆和噴泥洞，及它們的外形隨著時間的變化等。廣義的泥漿噴發活動包括噴發的泥漿泡泡、氣泡大小、氣泡頻率或氣體流量、氣體成分、聲音、泥漿含水量、泥漿水位高低、泥漿粒徑大小、泥漿流量等。泥漿流動與乾縮景觀包括泥漿噴濺、滴流於噴泥口形成宛如蠟燭般景觀，和在較大規模泥流在流動中逐漸乾燥、擠壓，形成的類似繩狀熔岩、塊狀熔岩的景觀，和最後乾縮、龜裂，形成的各種網格狀或接近平行、流動方向裂隙景觀等。降水衝擊與逕流沖刷的侵蝕景觀包括雨點衝擊、侵蝕形成的各種土指，和逕流

沿著裂隙侵蝕或沿著山體斜坡侵蝕形成類似水系的紋溝、小峽谷、天然橋等。

1992年，最壯觀的烏山頂泥火山群已經依據文化資產保存法劃定為「烏山頂泥火山自然保留區」，面積4.89公頃，是台灣最小的自然保留區。依據規定，保留區內不能有任何人為改變，且人員進入必須事先申請核准。然而，烏山頂泥火山自然保留區位於都會區邊緣，易達性高，是一般大眾進行自然觀察、環境教育及知性遊憩體驗的絕佳素材，與附近的幾個景點結合後，更構成地方重要的觀光資源。依據管理單位的申請登記資料，每年有3至5萬人到保留區參觀。參觀民眾的活動對泥火山地景的影響是否嚴重呢？就讓我們從舊照片來看吧！

烏山頂泥火山於1997年，北側泥火山體呈平頂狀，頂部有個巨大的噴泥口，底部側邊仍然保留侵蝕殘餘的前期山體。至1999年，泥火山體逐漸增高，基底擴大，殘餘的前期山體幾乎已被侵蝕殆盡。2000年至2004年，泥火山體逐漸增高，至2006年完全停止活動，最後噴發的泥漿使山體呈尖頂狀。接著開始受侵蝕而降低高度，山體變得更尖，表面遍布小蝕溝。側



圖2 泥火山的火山體、噴泥活動、泥漿流動與乾縮、侵蝕景觀

面平地則不時噴出少量泥漿，於2009年底附近地表拱起，似乎有新的泥火山正在醞釀中。不過截至目前，新的泥火山仍未形成。

南側泥火山於1997年為單一低平錐狀山

體，至1999年泥火山體側面發育一個寄生泥火山，至2004年寄生泥火山體已停止活動並被侵蝕消失，又變為單一山體。至2006年，泥火山體變得較高且陡，旁邊有個小平台，似乎為再



圖3 烏山頂泥火山北側山體的地形惡遷



圖4 烏山頂泥火山南側山體的地形惡遷

度發育寄生泥火山體的殘跡。至2007年，南側泥火山體又發育寄生泥火山，且高度迅速超過主泥火山，由泥漿泡泡觀察，泥漿黏稠度也明顯較主泥火山高。至2008年底，寄生泥火山活動漸趨停止，山體開始受侵蝕、泥塊崩落，於2009年底，已不見有泥漿噴出。

由舊照片看來，泥火山具備了兩種特性。其一是「自我毀滅」。這是指黏稠的泥漿隨著噴發活動，不斷地附著於噴發口，使泥火山體逐漸增加高度，泥漿柱也愈來愈高。在這種正回饋機制之下，噴發所需累積的氣壓愈大，噴發頻率愈低，隨著水氣蒸發，泥漿的黏滯性愈高、壓力更大，最後泥火山就逐漸停止活動。最典型的自我毀滅就如同烏山頂已停止活動而遭受侵蝕的北側泥火山體，北側泥火山泥漿的泥與水比值約為2：1、粒徑較粗且含大量小礫石，高黏滯性的泥漿不斷覆蓋在泥火山口，導致火山體不斷增高、火山口縮小而「自我毀滅」。南側泥火山泥漿的泥與水比值約為1：1，黏滯性較低，泥流厚度通常較薄，在降水侵蝕與泥漿增積大致平衡的狀況下，主泥火山體並未發生自我毀滅的現象。不過，自1996年至今，寄生泥火山體已經發育3次，自開始活動、增長，迅速發育成為較主泥火山體還高的寄生泥火山體，泥漿黏稠度也逐漸提高，最後附著於噴泥口的泥漿，乾縮、阻塞噴泥口，寄生泥火山的噴泥口終於封閉而停止活動，山體遭受侵蝕、崩塌而逐漸消失。

泥火山還有「自我保護」的功能。因為泥質地面在雨後最容易因為人的活動而破壞，不過雨後泥濘、濕滑，人不易接近，再噴發的泥漿也會覆蓋地表，增添新的物質。泥地乾燥

後，堅硬如泥岩，也不易受風蝕，僅表皮紋路較易受損。最易受人活動影響的就是地表較細緻的起伏、紋路和未乾燥的泥流。也就是泥火山地景最容易受影響的是會不斷再產生的「泥漿流動和乾縮」景觀，和乾燥、龜裂的泥漿，受雨水、地表逕流形成的「侵蝕」景觀。只要相關的管理措施持續執行，持續推動實踐地景保育理念，就可以降低一般人參觀活動對泥火山地景的影響，也不會影響主要的泥火山「山體形狀」與「噴泥活動」。而且，泥火山不斷噴發泥漿，流出並覆蓋地表，參訪民眾的一般性活動影響，多可被泥漿覆蓋而不見，而受破壞而消失的「泥漿流動和乾縮」、「侵蝕景觀」等地景，亦會重複再度出現，這更能顯現出泥火山是與眾不同的「活的地景」。

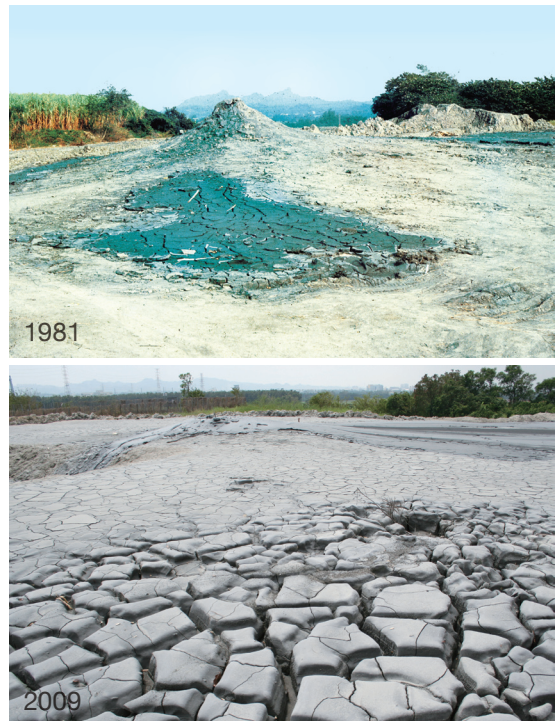


圖5 滾水坪泥火山體在1981年時呈現錐狀，目前則為盾狀，不過其含水量與烏山頂泥火山相近，顯示含水量不是影響泥火山體最重要的因素。

除了烏山頂之外，南部地區還有同屬持續性噴發活動的大滾水噴泥池、小滾水噴泥盾和噴泥錐、滾水坪噴泥盾，和間歇性噴發的烏松泥火山、萬丹(新園)泥火山等等。有趣的是滾水坪噴發泥漿形成的火山體，在1981年時尚呈錐狀，2009年時已經變為盾狀，雖然不知道它的含水量是否曾經改變，不過與錐狀的烏山頂泥火山相較，兩者目前的含水量非常相近，但外形卻不相同。而2010年噴發的烏松泥火山、2011年噴發的萬丹(新園)泥火山，均在瞬間噴發大量泥漿，形成的泥火山外形也均為噴泥池。不過烏松泥火山的泥與水的比值約1.3：1，與烏山頂、滾水坪泥火山相近，但是萬丹(新園)泥



圖6 烏松泥火山於2010年4月噴發



圖7 萬丹(新園)泥火山於2011年12月噴發

火山的泥漿泥與水的比卻大約為3：1，含水量非常高。所以泥漿含水量(或黏滯性)恐怕不是影響泥火山體形狀的唯一因素，其他包括泥漿單位時間的噴發量、泥的粗細、泥漿溫度、地面高度改變和噴發堆積量與侵蝕量的平衡關係等等，均可能是影響泥火山的外形的因素。

泥火山活動頻率非常高，具「自我保護」、「自我毀滅」機制，是一種「活」的地景，「烏山頂泥火山自然保留區」就保護著這種珍貴的地景。民眾的參訪活動的確會對泥火山產生負面的影響，不過主要受影響的是可回復或可重複再現的「泥漿流動與乾縮」、地表「侵蝕景觀」，泥火山體和泥火山噴泥活動所受影響有限。在現階段的宣導與管理措施下，民眾大多已具相當程度的地景保育意識，參訪活動亦受約束，未來更因盡量宣導，降低踐踏破壞。至於其他所謂泥漿可以護膚、泥火山會噴火，且泥漿如岩漿而具有危險性、泥火山噴發口很深等，多屬以訛傳訛之錯誤傳言，若能加強宣導，必能大幅降低有損於泥火山的參訪活動。尤其現在林務局、高雄市政府和地方里辦公室、社區、保育團體及其他民眾、團體積極合作，協助解說與推動保育利用等活動，對於未來的發展而言，與其隔離保護、管制參觀活動，喪失推動地景保育教育與環境教育的機會與功能，不如持續開放，或辦理學校或旅行業者的環境教育活動，以推動正確的環境保育教育活動，以期民眾有正確的觀念與態度，並讓地景保育觀念和環境教育逐漸發揮功效。🌱