

石破天驚—從空中的視野探究花嶼火山島的形成

摘要

學校每學年都會有他校師生來進行參訪，在戶外進行花嶼地質與地景的活動。活動後，我們從空拍機拍下的影像中，發現了花嶼島上，分佈了非常密集的碎裂岩塊，形成了一項特殊的地貌景觀。我們針對這些岩塊的分佈與形成方式，進行了調查與實驗的設計，進行探究活動。

經過調查與實驗的結果，不僅瞭解了這些岩塊形成的可能原因，也從岩塊分佈的分析，發現了花嶼火山島形成的秘密，也知道花嶼火山島與澎湖群島其它島嶼，形成的方式非常不同；而這些密集分佈的岩塊，在數千萬年的歲月中，對花嶼的地貌也產生了保護的作用。

壹、研究動機

去年，望安國中與望安國小到花嶼來進行校外教學活動。學校安排了花嶼島的地質與地景之旅，學校並以空拍的方式，進行了活動的影像錄影。活動結束之後，我們再進行回憶與檢討時，從影像中發現，我們到過的煙墩山與花嶼燈塔，從地面上看只覺得好多好多的石頭；但從空中看時，才發現這些大大小小的岩石分佈的非常密集，形成了一片奇特的地貌景觀。



每年都會有他校師生到花嶼參訪，花嶼的地質與地貌是值得學習的一個場域。



花嶼北方山坡遍佈著密集的岩塊，有的完整巨大，有的則非常碎裂。

這些岩塊是如何形成的呢？是有人搬上去的嗎？澎湖其它火山島嶼有相同的情形嗎？其它火山熔岩活動的方式也會造成相同的地貌嗎？這些分佈各處的碎屑岩塊對地貌會產生什麼影響呢？

針對以上的疑問，我們進行了一連串野外調查及有趣的實驗活動，希望藉由野外調查與實驗設計的探究，來解釋這些岩塊的可能成因。

貳、研究目的

花嶼的面積約 1.47 平方公里，雖然不大，但四周海崖遍佈，從一個區域到另一區域沒有直通道路，因此，我們先藉由空拍機的影像，配合地圖，選擇定點進行野外的調查活動，明瞭岩塊的分佈與地貌的特色。再經過討論，準備依照下面幾個問題進行探究：

- 一、調查花嶼火山島岩塊的分佈。
- 二、花嶼火山島岩塊種類與岩塊分佈的探討分析。
- 三、探究岩塊的分佈與火山熔岩活動的關係。
- 四、探討火山熔岩碎塊的分佈對地貌產生的影響。

參、研究設備及器材

一、設備部份：空拍機、相機

二、器材部份：

(一) 連通管、方形小水族箱、錐形瓶、600cc 空玻璃瓶、燒杯、藥匙、天平、砝碼、玻璃棒(或塑膠匙)、秤量紙、滴管、漏斗。

(二) 醋、小蘇打、碳酸鈉、碘化鉀、雙氧水、洗碗精、紅色廣告原料。

肆、研究過程、方法與討論

研究一、文獻探討

花嶼島滿潮時的面積 1.47 平方公里，退潮面積為 1.55 平方公里，海岸線長約 5.67 公里，外形約像一個正三角形，我們依目前的水泥道路可到達的區域，選定了以下的區域(如下圖)進行研究：



附圖一：花嶼地形圖與我們的調查區域。

(一) 花嶼燈塔四周區域：花嶼燈塔舊名為「站亭」，海拔高約 51 公尺。除了燈塔外，尚有已倒塌的日治時代的軍營及還算完整的防禦工事牆遺址。



花嶼燈塔是花嶼著名地標物。

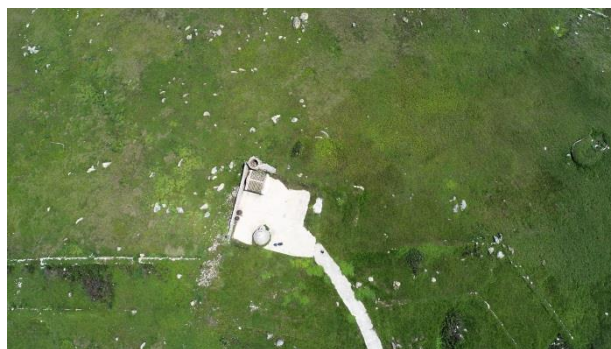


花嶼燈塔東側以碎石岩塊砌成的防禦牆。

(二) 煙墩山四周區域：是花嶼最高的地點，海拔高約 53.6 公尺。山頂目前有青龍廟、已被鏟平後僅剩圓柱守望台的舊營區及用來鎮壓西嶼燈塔的石塔；東西兩側亦有防禦工事牆遺址。

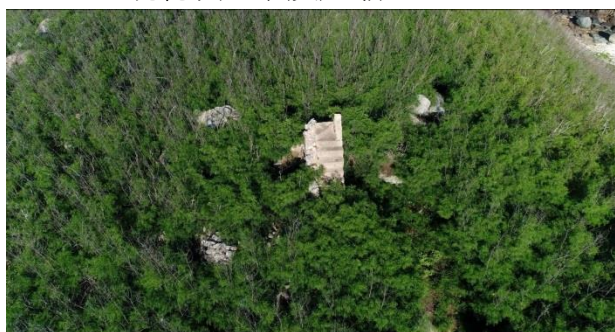


花嶼煙墩山的青龍廟與鎮西嶼燈塔的石塔。



從空中俯瞰花嶼煙墩山的樣貌。

(三) 學校東方山丘瞭望台：海拔高約 40 公尺，目前僅剩瞭望台的階梯，瞭望台已完全倒塌。四周山坡有早期居民耕種的田地，但已被銀合歡煙沒，目前學校沿著早期的田梗，開闢一條小徑通達山頂。在瞭望階梯上站立，可俯瞰整個花嶼社區及遠眺花嶼燈塔及煙墩山。



日治時期的瞭望台遺址已淹沒在樹叢中。



從瞭望台可俯瞰全花嶼社區（紅色區域）。

研究二、花嶼火山島岩石碎塊的分佈調查

我們利用鄉土教學活動及相關課程及假日期間，前往我們研究的區域進行野外地質調查，紀錄如下結果：

(一) 花嶼燈塔四周區域：

- 1、花嶼燈塔建築主體四周，除了南面及東面因有防禦牆工事外，北面及西面坡分佈相當密集的岩塊，而北面越靠近燈塔主體的岩塊比較大，越遠岩塊就越小。
- 2、燈塔西方至西南海崖有二個小突起的山丘，高度約在 20 至 30 公尺左右，也有

眾多的岩塊，岩塊大小也呈現著高度越高，岩塊越大的情形。

- 3、燈塔西方約海拔 25 公尺的低凹處，有一條寬約 8 公尺、長度約 100 公尺以上的流紋岩質的岩脈露頭，從燈塔往下看，非常的明顯。



從燈塔東邊俯瞰，東北面分佈的岩塊。



從花嶼的西邊俯瞰也是密佈著岩塊，右下方有一條巨大的流紋岩質的岩脈（箭頭方向）。

（二）煙墩山四周區域：

- 1、煙墩山上因有早期營區與青龍廟的建築，使用較大的地面，因此四周的山坡，分佈的岩塊較散落，離山頂部的青龍廟也較遠。從煙墩山北面往東走，一直到花嶼的東邊，岩塊分佈的最為密集，岩石也是高度越高，岩石也越大。
- 2、煙墩山北面的低凹處，也有寬大超過 500 公尺長的流紋岩脈分佈；岩脈上沒有巨大的岩塊分佈，僅有風化後脫落的碎屑岩石。
- 3、岩塊的分佈也是北面較密集，南面坡度較少。



花嶼煙墩山因人為建築因素，岩塊分佈較散。



煙墩山附近山丘岩塊分佈情形。



從煙墩山往東北東赤頭海岸沿步道小徑分佈的岩塊。



花嶼平石灣山丘的碎屑岩塊分佈也很密集。

(二) 學校東方山丘瞭望台：學校旁山丘的瞭望台，高度約 40 餘公尺，但岩石都非常的巨大，早期的瞭望台也都是順著巨大的岩塊的形勢構築，岩塊似乎都沒經過更動。



瞭望台四周分佈的岩塊。



瞭望台四周的岩塊都非常巨大，不可能搬動。

研究三：岩塊種類的調查分析。

花嶼的岩石種類很多樣化，構成地殼的火成岩、變質岩、沉積岩在花嶼處處可見。在我們調查的過程中，也經常的對岩塊進行分析與討論，得到以下的結果：

- (一) 這些山頭上的巨塊岩石，全部都是以安山岩質的岩塊為主，其中以角礫安山岩最為普遍。這些角礫安山岩中，常出現一條條細細的綠簾石脈充填岩塊中。
- (二) 從空拍機看花嶼島時，可以發現花嶼有很多的岩脈分佈，分佈的地點都在較低緩的區域，岩脈的種類有石英安山岩脈與流紋岩脈為主。在我們實地的調查中，寬而長的岩脈上或四周都沒有與岩脈性質相同的巨大岩塊產生；但是，常可見到被捕獲的斑狀安山岩或角礫安山岩分佈在岩脈中。



這些散落的岩塊以安山岩質的火山熔岩為主。



岩塊上面常可看到密佈細條脈狀的綠簾石脈。

研究四：岩塊分佈與火山熔岩活動關係的探究。

經過野外調查與分析後，我們初步獲致了以下的分析結果—花嶼島上地勢越高（40 公尺以上），岩塊的分佈就越多，岩塊也比較大型；這些碎落在高處的岩塊，都是安山岩質岩塊；花嶼島分佈眾多的岩脈，在岩脈上或岩脈四周都沒有巨大的岩塊。



從安山岩中湧出的流紋岩岩脈（白色部份）。



花嶼西赤頭的岩脈群（紅字 1~6 部份）。

從野外調查的分析結果，讓我們覺得很好奇，為什麼會這樣呢？澎湖其它以玄武岩組成的島嶼上，也會分佈著如此密集的岩塊嗎？岩脈也是一種火山活動形式，但為什麼花嶼的幾個較高的山頭上，沒有與岩脈性質相同的岩塊呢？岩脈四周為什麼也沒有巨大的岩塊分佈呢？

針對上述的疑問，我們從文獻研究中，設計了幾個刺激有趣的實驗，來探究這些岩塊產生與分佈的可能原因，並比較花嶼火山島與澎湖其它火山島形成方式的異同。

（一）火山噴出模擬實驗一：

我們利用上課時用小蘇打加醋，製作二氧化碳會產生氣泡的特性，設計了第一個火山噴出的實驗。

方法：

- 1、利用一個方的水族箱，箱口用大小相同的保麗龍蓋住。
- 2、水族箱內放置一個錐形瓶，在蓋住水族箱的保麗龍中央，割出一個與錐形瓶瓶口相同大小的洞，讓瓶口稍為露出。
- 3、先倒入 50ml 的醋於錐形瓶中，並倒入些許的紅色顏料，輕輕搖晃讓醋均勻染色。
- 4、最後倒入 10g 的小蘇打粉到錐形瓶中，並將方形水族輕輕搖晃後放置在桌上。

結果：

- 1、淡紅色的泡沫，從錐形瓶湧出，然後沿著保麗龍四處流出。
- 2、泡沫到了水族箱邊緣，即沿著水族箱外部流下，因後面的泡泡不足，所以在水

族箱外壁，留下了一條條垂直的泡泡痕跡。

3、到最後泡泡只在瓶口流動，形成了明顯的泡泡湧出口。



我們利用二氧化碳加醋產生氣泡反應的實驗，模擬火山熔岩湧出的情形。



泡泡從瓶口湧出，慢慢的向四周流動。

討論：

- 1、進行這個實驗，為了讓泡泡的流動容易觀察，因此我們加了紅色的廣告原料，讓泡泡的流動在白色保麗板上，更容易觀察。若要讓實驗結果更有趣，可以加不同的有色顏料進行。
- 2、若要讓泡泡反應更快，可先將小蘇打粉溶解成小蘇打水溶液進行實驗。我們為了觀察泡泡一直湧出的現象，所以採用小蘇打粉倒入醋中，讓它溶解後可以不斷的產生反應。
- 3、這個實驗結果，泡泡是從瓶口中慢慢湧出向四處流動的，因此，不會有岩塊四處散落的情形。因此，花嶼島四處散落的岩塊，不是這種方式的火山活動形成的。
- 4、離花嶼最近的貓嶼島，海拔高約 70 公尺，我們從海洋教材圖片中，觀察到貓嶼雖然是澎湖最高的島嶼，但島嶼的最頂部沒有像花嶼一樣的有巨大的岩塊分佈。而錐形瓶瓶口的湧出口，像極了桶盤嶼著名的「蓮花座」火山口；而水族箱外壁一條條的垂直泡泡痕，也像極了冷卻後垂直的玄武岩柱。



小蘇打與醋作用最後，在瓶口形成的湧出口。



桶盤嶼著名的蓮花座地貌與我們的實驗（左圖）的情形極為吻合。

（二）火山模擬實驗二：

小蘇打加醋的實驗，雖然會造成泡泡的流出，但是僅是從瓶口中快速或緩慢的流出。花嶼散落的岩塊是不是應該由較劇烈的火山活動形成的呢？因此，我們經由網路的搜尋，進行了刺激的「大象牙膏」噴發實驗。

方法：

- 1、準備器材—包括燒杯、玻璃棒、藥匙、滴管、秤量紙、量筒、天平、砝碼、600 ml 空玻璃瓶、碘化鉀、35%濃度雙氧水、洗碗精等。
- 2、在燒杯倒入 100ml 的雙氧水與量筒倒入 5ml 的洗碗精，再依序的倒入玻璃瓶中，並輕微搖晃，讓二者均勻混合；然後再分別秤取 5g 碳酸鈉與碘化鉀。將碘化鉀加水溶解，用滴管一次一次的加到碘化鉀全部溶解形成飽合溶液。
- 3、我們將秤好的碳酸鈉加入玻璃瓶當中，再輕微搖晃玻璃瓶，讓裡面的水溶液能夠均勻混合。最後，將碘化鉀水溶液倒入玻璃瓶當中，觀察發生的變化反應。



大象牙膏—火山噴發實驗前的材料準備。



準備把碘化鉀水溶液倒入瓶中進行實驗。

結果：

- 1、就跟真得火山爆發一樣，先有一團白色的泡沫衝出瓶口向空中噴出，有些泡沫碎屑就四處灑落到地上。
- 2、噴出後泡沫後，瓶口仍不斷的冒出泡沫與冒煙，泡沫可以把整個瓶子蓋住，形成一個錐狀的地勢。



碘化鉀倒入後要儘快離開瓶子。



泡泡很快的衝出瓶口向空中噴出，令人驚奇。



泡泡衝出空中後即向四處飛散。



泡泡掉落後瓶口仍一直冒出泡泡，並從瓶口冒出白色的煙，瓶子也非常的熱。

討論：

- 1、在 youtube 的影片中，關於大象牙膏的實驗中，僅說明使用雙氧水，因此我們第一次的實驗，用了濃度 3% 的消毒用雙氧化進行實驗，結果白色泡泡僅在瓶子無法噴出。然後使用 6% 濃度的雙氧水，結果跟第一個實驗一樣，只在瓶口裡湧出白色泡沫。
- 2、初次實驗的達不到效果，但我們也發現雙氧水的濃度愈高反應也較大，因此學校直接跟化學藥品商，訂購了各級學校實驗常用的 35% 濃度雙氧水。而我們之後用了 35% 濃度的雙氧水進行實驗後，每次泡沫的噴出都獲得令我們驚奇的結

果。因此，我們認為雙氧水的濃度越高，噴出的泡泡，一定更高更多。

- 3、這個實驗結果，可以充分的說明了，花嶼火山島岩塊散落分佈的形成模式。而瓶口隨著泡泡的湧出會冒出白煙，瓶子會變得很熱，也增添了火山爆發時的真實情境。巨大的岩塊普遍分佈在山頂區域，也顯示花嶼島火山熔岩活動時，比其它澎湖火山島嶼來得更劇烈。而花嶼地勢雖然不高，但我們從海上或遠處看燈塔及學校東方的瞭望山丘，就向二座突起的火山錐地貌，極似火山噴出口，而四周佈滿著噴出的岩塊，是這些山丘共同的特徵。



從海上看花嶼燈塔，塔頂處像突起火山錐地貌。



學校東邊的瞭望台山丘也極像一處小火山錐地貌。

- 4、濃度低的雙氧水通常都用來消毒傷口，但我們之後的實驗就直接用了 35%濃度的雙氧水，因此使用時要特別小心，手儘量不碰到（特別是有傷口時），初次進行實驗時最好都能戴上塑膠手套。這是在實驗過程中需特別注意的安全事項。

（三）火山模擬實驗三：

在我們野外調查中，不論在哪一個區域，除了安山岩質的岩石外，常常可以看到一條條蜿蜒在地表的岩脈地形，有呈土黃到灰白色的流紋岩質岩脈與綠色的石英質安山岩岩脈。其中，以流紋岩質的岩脈分佈最廣，岩脈寬廣而長，非常顯著。但不論是哪一種岩脈，岩脈體上都沒有散佈著巨大的岩塊。為什麼會這樣呢？我們上網搜尋相關資料後，也設計了以下的實驗。



侵入於斑狀安山岩中的石英安山岩脈。



流紋岩質岩脈在花嶼都非常的巨大。

方法：

- 1、文獻探討，搜集岩脈形成的相關資料。
- 2、仿照火山實驗一的方式，將 250ml 的醋倒入連通管裡，倒入幾滴紅色顏料，然後輕搖連通管讓有色顏料均勻混合。
- 3、最後再倒入 20g 的小蘇打，觀察連通管裡水溶液的反應。

結果：

- 1、依據文獻探討的結果，岩脈是地球內部的火山熔岩，沿著地殼的裂縫垂直湧出，冷卻後形成後的火山地形。
- 2、小蘇打倒入有醋的連通管裡後，很快就會產生氣泡，然後沿著連通管各種形式的管柱向上湧出，到管口之後再緩慢的向外流出。



把小蘇打倒入連通管中觀察泡泡變化情形。



泡泡順著不同的管形向上流動，就像陸地上彎曲或直行的岩脈情形。

討論：

- 1、花嶼的岩脈分佈的非常多，有寬到 10 餘公尺的大型岩脈，有僅是十餘公分的細小岩脈，長度亦有達數百公尺到僅數公尺。一座島嶼能有如此多的裂縫產生，顯見島嶼形成時大地活動之劇烈了。

- 2、花嶼岩脈的形式，有直線型、彎曲型…的各種型式，而連通管的實驗也正好可以解釋出岩脈的形式，會隨著地殼裂縫大小、深淺、方向或形式而有不同的變化。
- 3、從我們的實驗過程中可以說明，岩脈形成的方式不會有巨型岩塊噴出，因此在野外調查中，岩脈體上就不可能會有岩塊的分佈。



岩脈體彎曲且寬窄不一的流紋岩脈。



寬度相當且岩脈體很直的石英安山岩脈，四周為早期的斑狀安岩碎裂岩塊。

研究五：火山熔碎塊的分佈對地貌產生的影響

花嶼岩塊分佈的如此多而密集，形成了一個特殊的島嶼地景特色。但是這些岩塊，對花嶼的地貌會不會產生影響呢？我們也依課本的學習活動設計了以下的實驗，來進行探討。

方法：

- 1、堆出二個高度相同土丘，一個土丘鋪滿雜草，一個土丘鋪滿大小不等的石塊。
- 2、分別用澆水器在土丘上方澆水，模擬降雨的情形。
- 3、把鋪滿雜草的土丘，將雜草清除，形成光禿禿的山坡，然後再分別用保特瓶澆水，觀察土堆變化情形。



我們用雜草與石塊製作二個小土丘。



二個小土丘大小高度約相同。

結果：

- 1、用澆水器模擬降水情形，在舖滿雜草的土丘與舖滿大小不等石塊的土丘都不會有影響。
- 2、用保特瓶罐分別在光禿禿的土丘與舖滿大小石塊的土丘上澆水，光禿禿的土丘頂很快就形成一個凹穴；而舖滿大小石塊的土丘看不出有明顯的侵蝕痕跡。



在佈滿岩塊與光禿禿的土丘上倒水。



光禿禿的土丘在水流的侵蝕後，頂部很快就形成凹地，但佈滿石塊的土丘卻沒有改變。

討論：

- 1、根據我們實驗的結果，在舖滿雜草與舖滿大小不等的石塊中，土丘都不會有立即的侵蝕情形；但光禿禿的土丘就很快形成侵蝕的洞穴。顯見的，花嶼這些分佈的岩塊，也如植被一樣，對土丘形成了保護作用。
- 2、在野外調查中，花嶼的幾個高處山坡，除了人為的建築，地貌受到改變外，山坡四周都沒有明顯侵蝕、倒塌的情形。反而是低處岩石覆蓋較少的裸露地，流水侵蝕的情況比較顯著，可見得這些岩塊與後來生成的低矮草地互相影響與作用下，對花嶼的地貌形成了保護作用。除了我們研究的區域外，花嶼各處也常見突起的小山錐地形，每個錐狀地形的頂部，也都並遍分佈著大小不等的岩塊。



花嶼的錐狀山丘因有石塊與與植被的作用所以保持得很完整。



較少植被與岩塊分佈的區域就容易受到流水的侵蝕。

伍、 結論

一、花嶼的岩塊，普遍分佈在高度 40~50 公尺的山坡四周，高度越高岩塊越大。我們認為，花嶼早期應該佈滿著更密集的岩塊。雖然，由於人為的活動，例如早期防禦牆工事、居民菜宅及房子，使用了大量的岩塊，使得岩塊更分散或碎裂。但就野外調查的結果，高地上巨大的岩塊絕非早期人力所能移動的。



花嶼每個山丘頂附近都會有巨大的岩塊。



這些巨大岩塊不可能是經由人力，由低處搬移到高處山頂上。

二、經過我們火山模擬實驗，我們認為這些大大小小的岩塊，是經過劇烈的火山活動，才能夠造成這樣的地貌景觀。



花嶼火山島應是劇烈火山活動下形成的島嶼。



有劇烈的火山活動才能造成目前花嶼島上處處遍佈的岩塊。

三、從各種火山模擬實驗結果，花嶼火山島的形成與澎湖火山島群的形成明顯的不同——從岩塊的分佈來看，花嶼應是由爆炸式的火山活動形成的火山島；其後火山的活動，造成大地的裂縫，各種岩脈侵入，造成遍佈島上大大小小的岩脈地形。澎湖以玄武岩為主的火山島，就以貓嶼島來看，地勢雖高於花嶼，但沒有成群的岩塊到處分佈，因此，就我們實驗的結果來看，它應是跟岩脈一樣，火山熔岩從大地的裂隙中平緩的湧出，跟花嶼噴

發式的火山活動明顯的不同。

四、分佈在花嶼四周的岩塊，在沒有人為因素的改變下，這些岩石跟植被一樣，對花嶼的地貌產生了保護作用。



貓嶼海拔度約 70 公尺，是澎湖最高的島嶼，但島嶼最頂部卻見不到聚集的岩塊。



花嶼島最高約僅 50 餘公尺，但在 40~50 公尺以上的山丘，分佈著很密集的岩塊，形成了花嶼島特殊的地貌。

柒、參考資料及其他

- 一、楊小青。澎湖縣花嶼火山岩之地球化學與核飛跡定年研究。國立台灣大學地質學研究所碩士論文。 p. 14~21，95 頁。1989.05。
- 二、張培源、張卯生。澎湖之地質與地史。澎湖縣。澎湖縣立文化中心。p.157。1995.12。
- 三、黃國揚。認識花嶼。澎湖縣望安鄉花嶼國民小學。p.20~p.50。1997.06。
- 四、黃國揚。花馨島嶼。澎湖縣。澎湖縣花嶼國民小學。p.38~。2004.01
- 五、<http://ihouse.hkedcity.net/~hm1203/lithosphere/mount-v-feature.htm> 地理入門網站—分類目錄—火山—火山地形
- 六、<http://www.nmns.edu.tw/89volcano/cl.htm> 國立自然科學博物館臺灣火山活動與火成岩網站火教室
- 七、<https://www.youtube.com/watch?v=bf0wqNPiul0> 自製三公尺高的火山爆發【LIS 實驗室】