

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：地球科學

組 別：國小組

作品名稱：花嶼走透透—從海底疑似古石牆遺跡的發現探討
花嶼火山島的岩脈地形

關 鍵 詞： 花嶼 、 古石牆 、 岩脈 （最多三個）

編 號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由國立臺灣科學教育館統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

花嶼走透透——從海底疑似古石牆遺跡的發現探討花嶼火山島的岩脈地形

壹、摘要

- 一、花嶼火山島岩脈的數量非常多，我們共調查出 68 條岩脈，依種類分有石英安山岩質岩脈共 47 條，流紋岩質岩脈共 20 條，玄武岩質岩脈僅 1 條。
- 二、不同的岩脈因組成礦物、顏色、抗風化力、熱接觸反應緣的不同，而容易辨認。
- 三、根據穿切定律法則，花嶼島岩脈活動的時間，依序為石英安山岩質岩脈、流紋岩質岩脈、玄武岩質岩脈。
- 四、花嶼的岩脈，常突起於陸地或海岸邊，而且大部份伸入海中。岩脈之間也有相互穿切現象，形成如人造石牆的結構。因此，在東吉海域發現的疑似古石牆遺蹟，我們認為應是自然形成的岩脈地形。

貳、研究動機

去年 11 月底報紙報導：在我們同鄉(望安鄉)的東吉島海域，發現疑似海底古石牆遺跡？引起了一陣的討論。但在一場討論會上，也有人認為那可能是自然形成的岩脈地形？這條新聞引起我們的好奇心，什麼是岩脈呢？想起我們在五年級的自然課「地層、岩石與礦物」的單元中，好像沒提到呢？配合鄉土教學活動「花馨島嶼、大地之美」活動，我們走出戶外觀察花嶼火山島的地貌景觀，除了看見花嶼島美麗奇特的地貌外，也發現非常多蜿蜒曲折突出於地面上的火山地形，老師說這就是報紙上提到的跟古石牆有關的岩脈地形！從遠處看真的好像石牆！老師又說：「我們不可能跟著專家到海底找古石牆，但可以從研究花嶼的岩脈來比較看看！」為了滿足好奇心，我們就組成了調查小組，進行花嶼走透透活動，對花嶼的岩脈展開觀察與研究。

參、研究目的：

- 一、認識岩脈及岩脈形成的過程。
- 二、調查花嶼島岩脈的數量與分布。
- 三、比較花嶼島岩脈的種類、產狀及岩石礦物。
- 四、判斷花嶼島岩脈活動的先後次序。
- 五、探討海底古石牆的可能性。

肆、研究設備及器材

尺、鐵鎚、放大鏡、硬幣、觀察紀錄表、數位相機、電腦、標本袋、蠟燭、黏土、酒精燈、瓷磚、花嶼地形圖。

伍、研究過程、方法及結果

問題一：什麼是岩脈？它是如何形成的？

方法：文獻探討與網際網路搜尋

結果：

(一)在本縣編輯的「澎湖群島之地質地形」鄉土資源教學參考資料中說到：「岩脈(或稱岩牆或岩堵)，是岩漿侵入周圍岩石的裂隙，凝固而形成近於板狀的侵入岩體」。

(二)我們利用學校的電腦進行網路搜尋，在地理入門網站，我們找到了關於岩脈較為詳細的解釋：「…岩漿並不一定會上湧至地面。有時，岩漿祇是上湧一段距離侵入那處的裂縫及空間，然後慢慢凝結成岩，產生各種侵入岩體。在垂直或上下延伸的裂縫等處形成的侵入岩體，稱為岩脈。侵入岩體，原是在地殼內形成的；因此，只有在上部地層被侵蝕移去之後，才會出現於地面。

從以上的資料，我們知道一岩脈的形成跟地殼內岩漿的活動有關，是屬於火成岩的一種，它的形成是因為岩漿往上湧出，侵入周圍岩石裂縫，冷卻以後就變成岩脈了。

問題二：花嶼島上有岩脈嗎？其數量與分布如何？

方法：

(一)野外測量與觀察

(二)電腦繪圖

(三)資料搜集與歸納

結果：

(一)我們從利用課餘及假日時間，開始進行調查活動，一步一步的在花嶼島一面積 1.47 平方公里，海岸線長約 5.67 公里的陸地上，總共找出 68 條的岩脈 (如附表一)(照片 1,2)。

(二)每次調查回來，我們把調查紀錄全部輸入電腦中，以保存資料，並利用電腦課時學得的電腦繪圖技巧，試著把岩脈的分佈依地點、地區標示在花嶼地形圖上，製作花嶼火山島岩脈分布圖(如附圖一)(照片 3,4)。

(三)花嶼的火山熔岩依學者的研究，得知花嶼火山島除了以斑狀安山岩為主的火山熔岩外，另外有下列三種不同型式的岩脈侵入(照片 5,6)，分別為石英安山岩質岩脈、流紋岩質岩脈及玄武岩質岩脈。我們運用五年級自然課第十冊第四單元學到的岩石觀察法，對各種岩脈的產狀(規模、顏色、礦物組成、硬度、風化狀況)列表敘述如附表二。



照片 1：爲了滿足好奇心，我們組成調查小組，進行花嶼走透透活動，調查島上岩脈的分布及數量。



照片 2：我們沿著花嶼島海岸，進行岩脈地形的觀察與研究。



照片 3：每次調查回來，我們就把記錄輸入電腦中，以保存資料，無形中，增進了我們電腦運用的基本能力。



照片 4：我們在學校也利用電腦上網搜集相關的資料。



照片 5：花嶼是澎湖最古老的島嶼，主要由綠色的斑狀安山岩及後期侵入的岩脈(圖中土黃色部份)構成的島嶼。



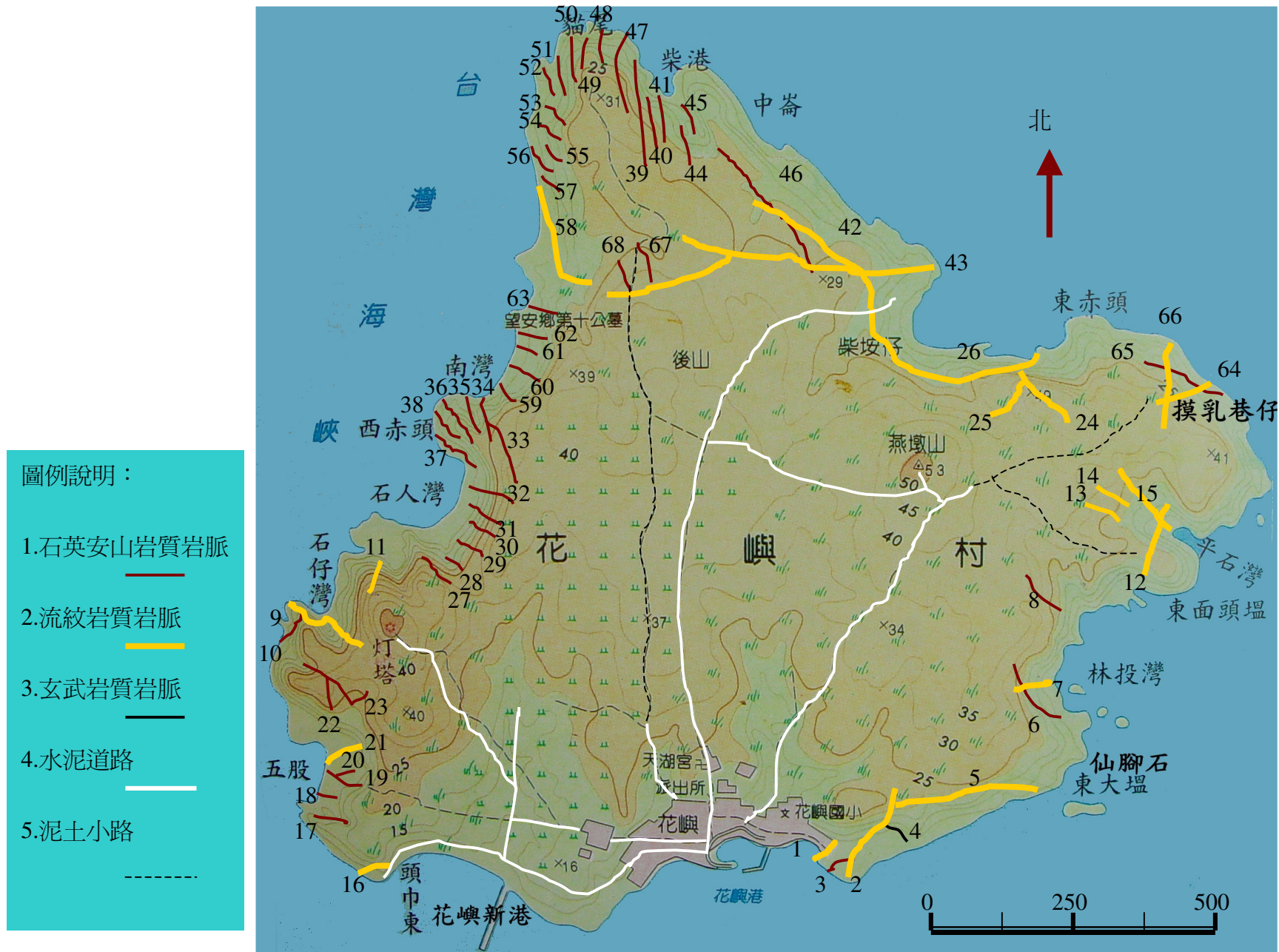
照片 6：花嶼島的岩脈分布的非常普遍，走出戶外，就可以發現各種不同的岩脈。

附表一：花嶼島岩脈規模比較一覽表

種類 編號	石英安山岩質 岩脈		流紋岩質 岩脈		玄武岩質 岩脈		調查地點	日期
	長度	寬度	長度	寬度	長度	寬度		
001	—	—	39.1m	3.7m	—	—	花嶼村 1 號住家圍牆邊	92.03.28
002	—	—	140m	25.6m	—	—	花嶼村 1 號東邊的海蝕洞	92.04.01
003	13m	3.5m	—	—	—	—	花嶼村 1 號東邊的海蝕洞	92.04.01
004	—	—	—	—	55m	1.1m	東南邊的海岸上	92.04.02
005	—	—	123m	8.3m	—	—	東南邊的海岸上	92.04.02
006	77.5m	5.3m	—	—	—	—	林投灣海岸上	92.04.02
007			47m	23.8m	—	—	林投灣海岸上	92.04.02
008	45m	3.2m	—	—	—	—	林投灣海岸上	92.04.02
009			150m	14.2m	—	—	石仔灣海岸上	92.04.08
010	60m	2.8m			—	—	石仔灣海岸上	92.04.11
011	—	—	30m	1.5m	—	—	花嶼燈塔北邊山坡	92.04.11
012	—	—	120m	2.3m	—	—	東面頭塹的山坡上	92.04.12
013	—	—	70m	3.8m	—	—	平石灣的山坡墓地上	92.04.12
014	—	—	24.7m	3.1m	—	—	平石灣的山坡墓地上	92.04.12
015	—	—	97m	7.3m	—	—	平石灣的海邊	92.04.12
016	—	—	19m	3.5m	—	—	頭巾東的海堤旁	92.04.13
017	32m	1.5m	—	—	—	—	五股灣的山坡上	92.04.13
018	8.5m	2.3m	—	—	—	—	五股灣的海邊	92.04.13
019	12.3m	1m	—	—	—	—	五股灣的海邊	92.04.13
020	3.1m	1m	—	—	—	—	五股灣的海邊	92.04.13
021	—	—	19.1m	21.8m	—	—	五股灣的海邊	92.04.13
022	23.2m	3.5m			—	—	花嶼燈塔南側山坡	92.04.13
023	42.6m	1.2m					花嶼燈塔南側山坡	92.04.18
024	—	—	175m	10.7m	—	—	柴坡仔灣與煙墩山山坡間	92.04.18
025	—	—	86m	14.2m	—	—	柴坡仔灣與煙墩山山坡間	92.04.18
026	—	—	250m	8.6m	—	—	柴坡仔灣內	92.04.18
027	28.2m	1m	—	—	—	—	石人灣山坡上	92.04.23
028	13.8m	2m	—	—	—	—	石人灣山坡上	92.04.23
029	23.8m	1.1m	—	—	—	—	石人灣山坡上	92.04.23
030	27.6m	1.4m	—	—	—	—	石人灣山坡上	92.04.23
031	14.3m	2.4m	—	—	—	—	石人灣山坡上	92.04.23
032	15.8m	3.1m	—	—	—	—	石人灣山坡上	92.04.23
033	102.4m	1.8m	—	—	—	—	西赤頭山坡上	92.04.23
034	78.5m	0.4m	—	—	—	—	西赤頭至南灣間的山坡上	92.04.23
035	60m	1.53m	—	—	—	—	西赤頭至南灣間的山坡上	92.04.23
036	84m	2.5m	—	—	—	—	西赤頭至南灣間的山坡上	92.04.23
037	75m	3.1m	—	—	—	—	西赤頭海岸上	92.04.23
038	50.3m	2m	—	—	—	—	西赤頭海岸上	92.04.23

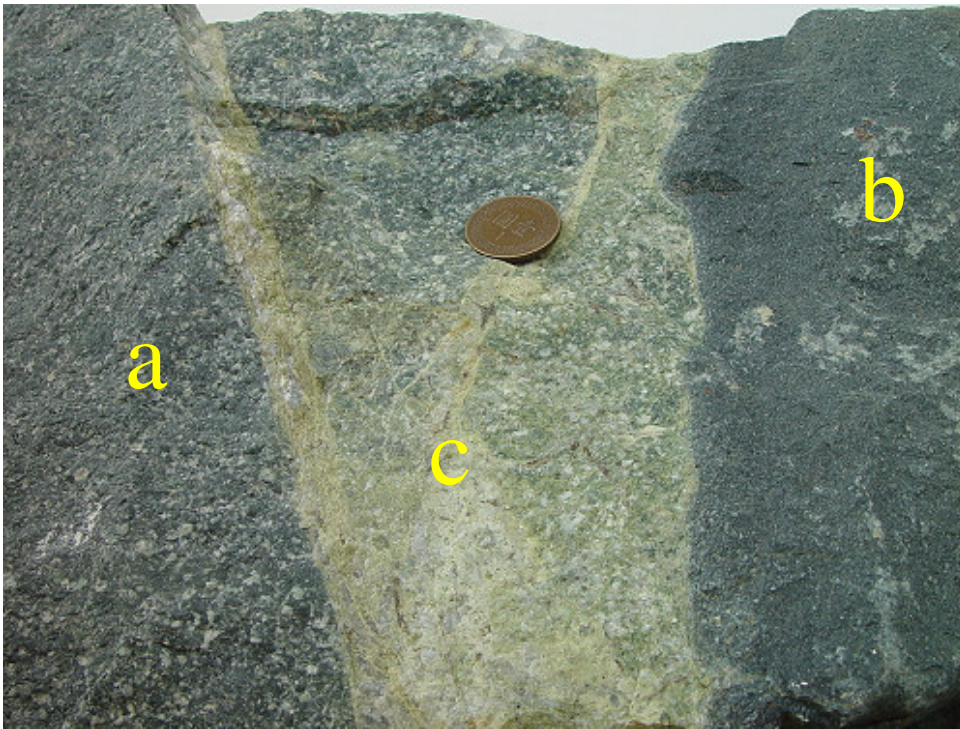
種類 編號	石英安山岩 質 岩 脈		流紋岩質 岩 脈		玄武岩質 岩 脈		調 查 地 點	日期
	長 度	寬 度	長 度	寬 度	長 度	寬 度		
039	125m	2.1m	—	—	—	—	貓尾至柴港間	92.04.24
040	57.2m	1.1m	—	—	—	—	貓尾至柴港間	92.04.24
041	60m	6.2m	—	—	—	—	柴港灣內	92.04.24
042	—	—	264m	6m	—	—	柴坡仔至中崙間	92.05.04
043	—	—	602m	19.4m	—	—	柴坡仔至第十公墓間	92.05.04
044	54m	0.95m	—	—	—	—	柴港山坡上	92.05.06
045	65.7m	1.95m	—	—	—	—	柴港山坡上	92.05.06
046	296.5m	5m	—	—	—	—	中崙至柴坡仔山坡	92.05.06
047	120m	5m	—	—	—	—	柴港至貓尾間	92.05.07
048	44.5m	2m	—	—	—	—	貓尾海岸山坡	92.05.07
049	49m	2m	—	—	—	—	貓尾海岸山坡	92.05.07
050	64m	1.9m	—	—	—	—	貓尾海岸山坡	92.05.07
051	51.1m	1.1m	—	—	—	—	貓尾海岸山坡	92.05.07
052	28m	1m	—	—	—	—	貓尾至南灣海邊之間	92.05.12
053	15.9m	2.3m	—	—	—	—	貓尾至南灣海邊之間	92.05.12
054	23.1m	1.2m	—	—	—	—	貓尾至南灣海邊之間	92.05.12
055	22.7m	1.1m	—	—	—	—	貓尾至南灣海邊之間	92.0.12
056	57.6m	1.2m	—	—	—	—	貓尾至南灣海邊之間	92.05.12
057	58m	6.3m	—	—	—	—	貓尾至南灣海邊之間	92.05.12
058	—	—	187.7m	11.2m	—	—	貓尾至南灣海邊	92.05.12
059	28.4m	1m	—	—	—	—	南灣山坡上	92.05.13
060	22m	1.2m	—	—	—	—	南灣山坡上	92.05.13
061	17m	0.7m	—	—	—	—	南灣山坡上	92.05.13
062	32m	6.5m	—	—	—	—	南灣山坡上	92.05.13
063	22.9m	3.1m	—	—	—	—	南灣山坡上	92.05.13
064	—	—	79.5m	6m			摸乳巷海岸山坡上	92.05.15
065	105m	4.3m					摸乳巷海岸山坡上	92.05.15
066	—	—	62.9m	1.5m			摸乳巷海岸山坡上	92.05.15
067	44.8m	1.4m					第十公墓邊	92.05.15
068	25m	1m					第十公墓邊	92.05.15
平 均	50.6M	2.3M	129.3M	11.5M	55M	1.1M		
合 計 岩 脈 數	47		20		1			

附圖一：花嶼火山島岩脈分布略圖



附表二：花嶼島岩脈特性比較一覽表

特性 名稱	岩 脈 規 模 概 述	岩 脈 顏 色	組 成 礦 物	硬 度	風 化 情 形
石 安 山 岩 英 質 脈 (照片 7,8, 9,10,11)	1.岩脈的露頭都相當短，極少數岩脈長度超過百公尺（最長 296.5 公尺）。總平均長度為 50.6 公尺，寬度為 2.3 公尺。 2.是島上出露最多的岩脈。	1.岩脈顏色為綠色，風化後岩脈大部份呈棕土色。因此，岩脈常會分成二種顏色，前半部(海岸未受到海浪侵蝕地區)呈綠色，後半段(較高的山坡或陸地)就呈棕土色。在海岸受到海水侵蝕部份岩脈表面較呈灰黃色。 2.與斑狀安山岩接觸的兩側常有黃綠色的岩石。	1.岩石礦物顆粒較細小，用眼睛較不易辨認內含礦物。 2.在部份岩脈中，會有較明顯的黃綠色礦物。 3.部份岩脈表層附著石英碎塊，風化後這些石英塊會散落在岩脈四處。 4.部份岩脈上有捕獲斑狀安山岩碎塊。	1.新鮮的標本岩石很硬，用硬幣刮，表面會有金屬線痕，但都不會有凹痕。 2.風化部份的岩脈非常的鬆軟，用指甲就可以刮出凹痕，用手搓揉會有粉末。	1.岩脈極容易受到風化，在風化較劇烈的區域常形成較低的地形。 2.岩石風化後表層幾乎看不到明顯的礦物顆粒。 3.風化表面常會有黑色鬆軟的條紋。部份條紋中會有石英粒。
流紋岩質岩脈 (照片 12, 13,14,15, 16)	1.岩脈大部份都很寬而長(最長的露出長度約 602 公尺)。岩脈總平均長 129.3 公尺，寬度 11.5 公尺。 2.岩脈又長又寬，因此是島上最容易進行野外觀察的岩脈。	1.岩脈顏色為灰綠色，風化後從遠處觀察顏色較為灰白，岩脈體較呈淡或深土黃色(在海邊)。 2.與周圍岩石或安山岩接觸，岩脈兩側會有灰色的岩石。 3.部份岩脈中或大部份的岩脈兩邊都會有流紋狀。	岩脈中有很多的明顯的石英顆粒，風化後石英顆粒常突出於岩脈表層。	1.在新鮮的岩脈體上用硬幣刮時，不會有任何痕跡。 2.在受風化面上用硬幣或指甲刮時會有白色線條但沒有凹痕。	1.岩脈常會突起地面上，形成岩牆。表面常有一層薄薄灰白色的風化碎屑。 2.岩脈低處常會聚集風化剝落形成的石英砂。
玄 武 岩 質 岩脈 (照片 17)	岩脈數量僅一條，受到外力作用岩脈斷裂成三部份，寬度最寬為 1.1 公尺，最窄約僅 7 公分左右，全長約 55 公尺左右，分別侵入於安山岩及流紋岩脈中。	岩脈顏色是黑色	野外觀察岩脈上看不出有明顯的礦物顆粒	用硬幣刮時，會有白色的線條，但沒有凹痕。	風化後常呈平整的小塊狀散落於岩脈四處。



照片 7：
花嶼的斑狀安山岩(a)
與石英安山岩(b,白色
斑為碰撞部份)，顏色
都呈綠色至灰綠色。接
觸帶常會出現黃綠色
岩石(c)。



照片 8：有了黃綠色的岩石，使得石英安山岩
質岩脈與斑狀安山岩在野外觀察時，
容易區分辨認。



照片 9：石英質安山岩脈風化常呈棕土色（調
查小組所在的位置）



照片 10：石英安山岩質岩脈，風化表面常有碎
落的石英塊。



照片 11：石英安山岩質岩脈容易風化，大部份
常形成較低窪地(皮尺部份)。



照片 12：
花嶼島上大部份的
流紋岩質岩脈的露
頭都很寬大而長，
是島山最容易觀察
的岩脈。



照片 13：流紋岩質岩脈與安山岩接觸的地方常
會有高於岩脈的灰色岩石。



照片 14：流紋岩質岩脈岩脈中及岩脈兩邊常
會出現流紋構造。



照片 15：流紋岩質岩脈風化後呈淡土黃色，
石英顆粒常突起於岩脈中。



照片 16：風化作用較劇烈地區，流紋岩質岩
脈低處常聚集風化剝落的石英砂。

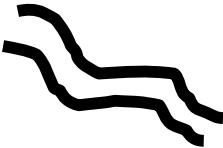
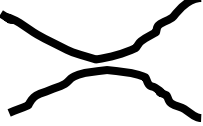
問題三：岩脈裂縫的型式都相同嗎？

方法：野外觀察與歸納

結果：

岩脈是因為岩漿侵入四周的岩石裂縫，冷卻後形成的火山地形，因此，我們在野外觀察時，對岩脈裂縫的大小、形式做了詳細的觀察與記錄，根據調查記錄統計分析結果，幾乎所有流紋岩質岩脈的裂縫規模（長度與寬度）都大於石英安山岩質岩脈。岩脈裂縫的形式，依我們的觀察記錄，歸納有下列幾項模式：（附圖二）

附圖二：花嶼島岩脈形式圖

1、平直狀	2、彎曲狀	3、砂漏狀	4、錐狀	5、分叉細條狀
				
岩脈大部份出現的露頭平直，寬度大致相同，是石英安山岩質岩脈最常出現的岩脈裂縫模式（詳如照片 18）。	大部份的流紋岩質岩脈出現的岩脈裂縫模式，岩脈彎曲寬度不一（詳如照片 19）。	岩脈前段，先以前二種形式出現，一段距離後，裂縫突然變狹小細窄，在幾公分或一兩公尺後，岩脈又與前段岩脈寬度相同。整體來說，此形式岩脈的數量很少（詳如照片 20）	在陸地上發現兩處流紋岩質岩脈盡頭的裂縫都是如此。（詳如照片 21）	常出現石英安山岩質岩脈的末端，岩脈分叉後，常僅剩幾公分後消失（詳如照片 22）。

問題四：為什麼岩脈的兩側都會有不同顏色的岩石？

在我們觀察 68 條的岩脈中，大部份岩脈的兩邊都會有，跟岩脈及周圍不同顏色的岩石，在幾次的調查之後，我們便能夠根據這些特性，很快的找出岩脈的位置，我們很想知道它正確的名稱。

方法：資料搜集與分析。

結果：從認識花嶼的鄉土教學參考資料中知道，正確的名稱為熱接觸反應緣。

實驗(一)：熱接觸反應緣實驗

方法：我們在白色的紙上剪出一條彎曲的裂縫，再用點燃的香從紙中侵入，模擬火山熔岩侵入時對兩邊岩石的變化。



照片 17：玄武岩質岩脈在花嶼僅發現一處，是花嶼島惟一不具白色斑晶的岩脈



照片 18：石英安山岩質岩脈多為平直狀(圖中突出部份)



照片 19：流紋岩脈常呈劇烈的彎曲狀(調查小組所在的位置點)



照片 20：砂漏狀的岩脈(灰白色部份)



照片 21：流紋岩質岩脈的盡頭呈錐狀後消失(調查人員前較灰白部份)。



照片 22：石英質安山岩岩脈的末端呈分叉枝狀後漸漸的消失。

結果：

(一)當點燃的香侵入紙時，紙的兩側與香接觸的部份，沿著裂縫會出現黑褐色反應區，黑褐色反應區之外會有較為焦黃色的反應區，如附圖三。

(二)以上的實驗，我們發現物體由於接觸溫度高低的不同，會產生不同的熱接觸反應現象。跟香火接觸的地方由於溫度較高，而成黑褐色的反應緣，而外圍沒有跟香火直接接觸，也受到較低溫度的影響，而只出現焦黃的反應緣。

附圖三：熱接觸反應緣實驗



熱接觸反應實驗一



熱接觸反應實驗二

問題五：從野外觀察能判斷岩脈形成的先後嗎？

方法：

- (一)網際網路搜尋資料
- (二)野外調查

結果：

(一)我們在國立自然科學博物館火山教室的網站中找到了兩則測定火山活動時間的方法：

1、包裹定律—這個法則簡單的說，就是當一個岩石中含有碎塊的話，那碎塊的年代比岩石要久，這個包裹定律可應用於火成岩的包裹體。

2、穿切定律：當一個火成岩體或沈積岩為另一岩石所穿切，那岩體必然老於所穿切者。

(二)我們依以上的兩個方法，分析我們調查記錄表的記錄，有以下的判斷：

1、從調查中，我們發現，石英安山岩岩質岩脈體內捕獲斑狀安山岩碎塊，這些捕獲的岩石有的很巨大，有的很小，經過風化作用的影響，在岩脈上形成綠色球狀風化石(照片 23)。根據包裹定律判斷岩脈的活動時間晚於斑狀安山岩火成岩活動的時間。流紋岩質



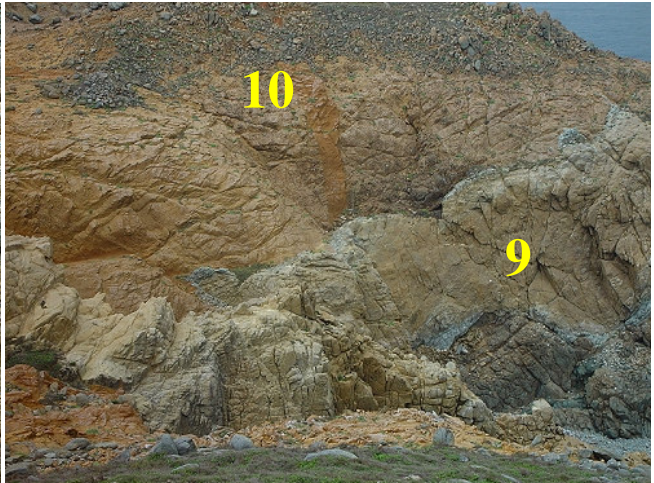
照片 23：石英安山岩質岩脈（棕黃部份）捕獲的斑狀安山岩（綠色），風化作用後常形成球狀石。



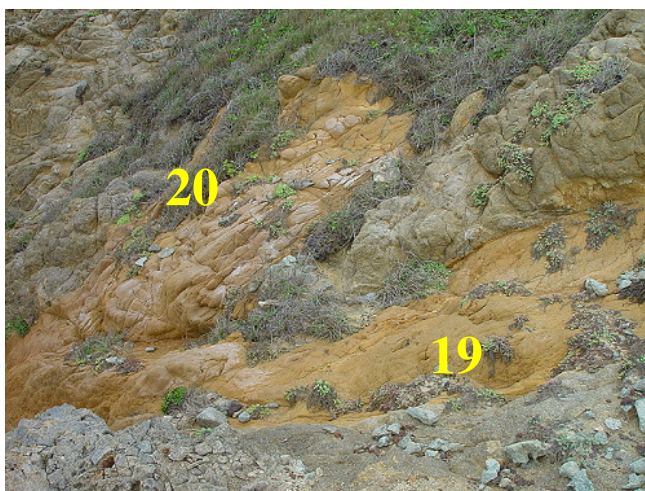
照片 24：流紋岩質岩脈不含其他岩石的碎塊，風化作用下，部份岩脈中也會形成美麗的球狀石，



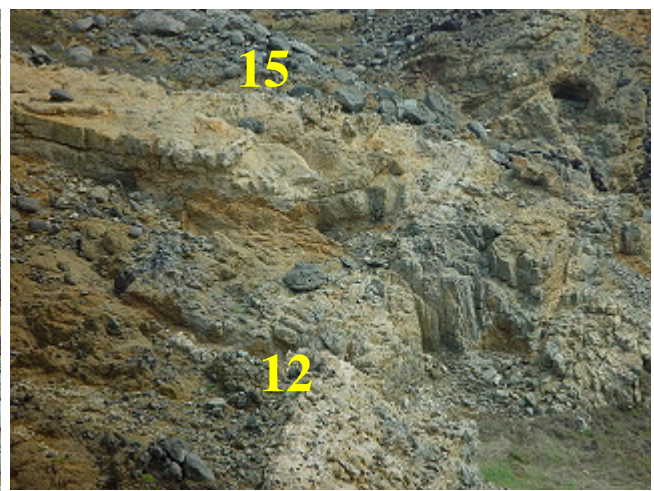
照片 25：在海邊流紋岩質岩(2 號)脈穿切石英質安山岩岩脈(3 號)。



照片 26：在陸地上流紋岩(9 號)也有穿切石英安山岩脈(10 號)的情形。



照片 27：互為穿切的石英安山岩質岩脈



照片 28：互為穿切的流紋岩質岩脈。

岩脈中，沒有發現捕獲其它岩石的碎塊，但經過風化後，部份岩脈中，也會形成美麗的球狀風石，形成特殊的景觀(照片 24)。

2、岩脈中以石英安山岩質岩脈活動時間最早，在部份地區石英安山岩質岩脈，被流紋岩質岩脈所切穿(照片 25,26)，有的甚至被流紋岩質岩脈穿切二次。石英安山岩質岩脈之間，也有交互穿切的情形(照片 27)。

3、流紋岩質岩脈次之：在我們發現的流紋岩質岩脈中，岩脈都沒被其它的岩脈所穿切。流紋岩之間也會有互相穿切的情形(照片 28)，穿切地帶也會有熱接觸反應緣可以辨認。

4、玄武岩質岩脈：我們僅找到一處的玄武岩質岩脈，岩脈的兩末端分別以細縫侵入安山岩及寬大的流紋岩質岩脈中(但未形成穿切)，因此其活動時間晚於流紋岩質岩脈。

實驗(二)：岩脈穿切實驗之一

我們想知道岩脈是如何穿切的，於是就收集了蠟燭將它煮沸，模擬以下熔岩流動及穿切的實驗。

方法：

1、我們用瓷磚在地上佈置垂直彎曲約一公分的裂縫，用煮沸的紅色蠟燭倒入其中的一條裂縫，使它向別處裂縫流動，這是第一條岩脈(如附圖四)。

2、等所有裂縫的蠟燭完全冷卻凝固後，我們選擇一段，再做另外一條跟它垂直的裂縫，倒入煮沸的蠟燭進行穿切實驗。

結果：

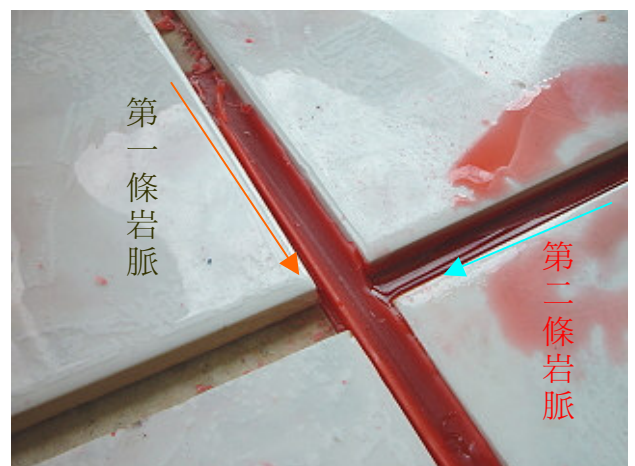
(一)我們製作的岩脈，在冷卻凝固之後，兩側與瓷磚接觸的地方會比較高，中央會比較低。

(二)第二條岩脈要穿切第一條岩脈時，除了接觸的地方有些侵入的痕跡外，之後由於冷卻，而無法穿過第一條岩脈 (如附圖五)。

實驗(三)：岩脈穿切實驗之二



附圖四：岩脈冷卻後兩側高於岩脈體內



附圖五：由於蠟燭很快冷卻所以第二條岩脈無法穿切第一條岩脈

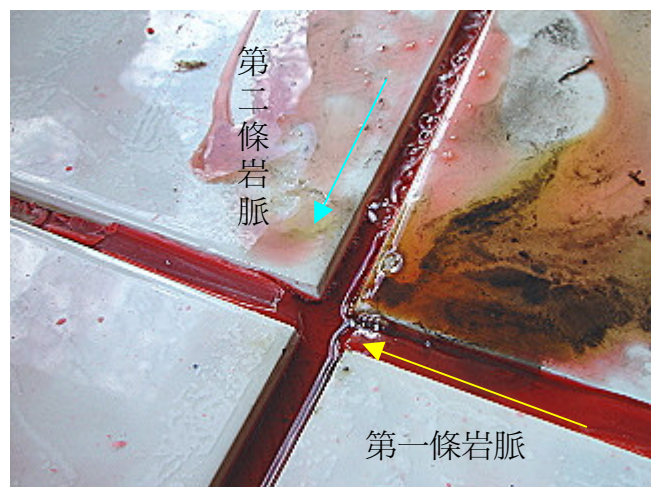
1、第一次穿切的實驗沒有成功，我們經過討論之後，認為岩漿在地下的溫度很高，溫度一定很穩定。因此，我們認為蠟燭應繼續滾燙維持高溫，不能很快的冷卻下來，否則就會流不動。於是再依實驗一的方法進行改良，在第一條岩脈裂縫以些許棉花沾酒精放在隙縫中，倒入蠟燭之後，點火燃燒使蠟燭繼續滾燙高溫，再進行實驗。

2、再以相同的方式，於第一條岩脈其他地方刮些不透底的裂縫進行另一次的實驗。

結果：

(一)由於第二條岩脈的蠟燭一直維持在沸騰的狀態(有點像岩漿了)，所以慢慢的將第一條岩脈的較高一側侵蝕後，從岩脈上部穿過，由於溫度很高，漸漸的將第一條岩脈底部完全穿切流到另一個裂縫，完成穿切活動。(如附圖六)

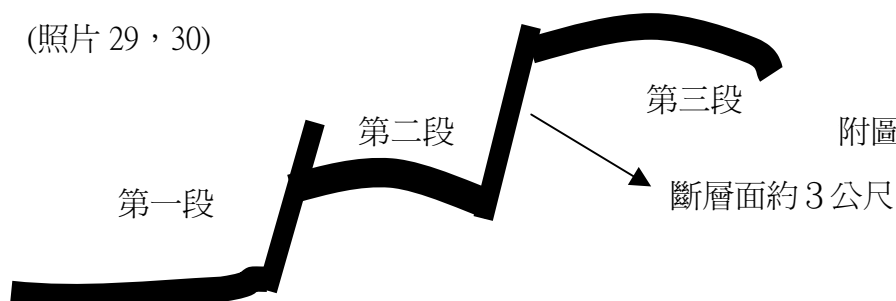
(二)當第一條岩脈有些許裂縫或較低時，由於溫度很高，第二條岩脈就會沿著裂縫低處流動，很快進行穿切活動。



附圖六：在維持高溫下第二條岩脈終於穿過了第一條岩脈

問題六：岩脈會受岩漿受熱穿切之外的力量而斷掉嗎？

根據我們的觀察，玄武岩質岩脈在沒有被穿切的情形之下，斷裂成三條，其產狀如下：
(照片 29，30)



附圖七：玄武岩質岩脈產狀圖

我們發現每段之間都有與岩脈垂直的斷面，斷面隙縫都超過岩脈的寬度，是所有岩脈中最特殊的現象。我們很想知道是怎麼發生的，所以又設計了以下的實驗。

實驗(四)：岩脈斷裂現象實驗

方法：

1、我們依實驗二、三的方式，在瓷磚上用蠟燭做一條岩脈（如附圖八），再沿著瓷磚接觸間的隙縫做二段不同距離的推移實驗。

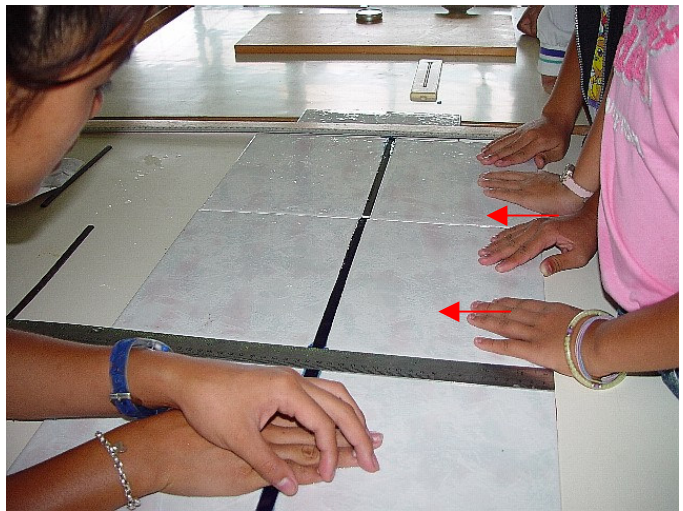
2、我們將第二片及第三片的瓷磚沿著裂縫同時做水平方向的移動，剛開始蠟燭先稍為彎曲，大約在 3 公分左右，第一片與第二片的蠟燭斷裂（如附圖九），繼續推至定點 10 公分，第二片岩脈停止不再推。

3、第三片繼續推，到 12 公分後第二片與第三片瓷磚上的蠟燭也斷裂，推至 20 公分後不再推動。（如附圖十）

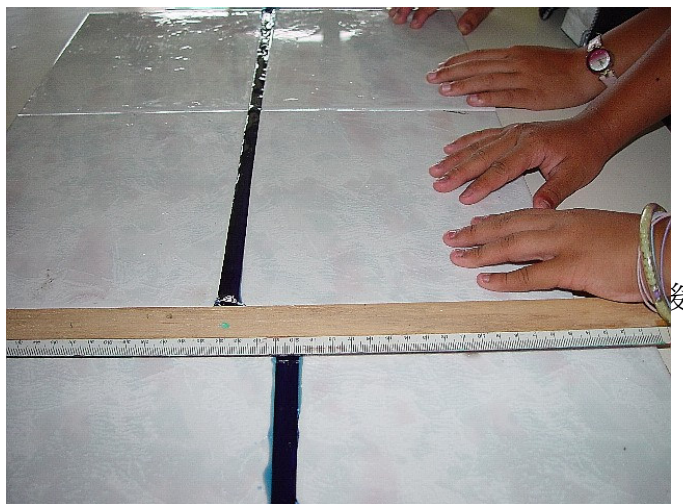
結果：

根據實驗的過程，我們知道由於水平推力的作用，使得岩脈會沿著裂痕發生水平方向彎曲而後斷裂，在一條岩脈上施以不同距離的推力，會造成二條以上平移斷裂的現象。實驗的結果，就像我們野外觀察的玄武岩質岩脈的產狀一樣。

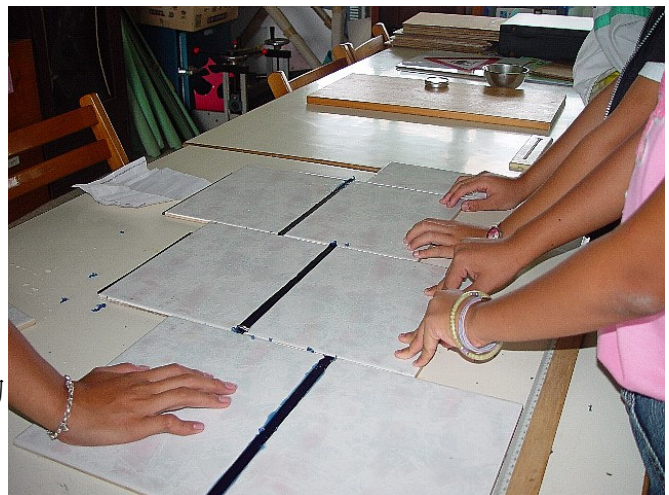
附圖十：在岩脈上施以二段不同距離的推力，使得岩脈斷成了三截。



附圖八：岩脈的平移斷裂實驗



附圖九：當時水平推力時，岩脈先彎曲後斷裂



陸、討論：

(一)在野外觀察中如何辨別斑狀安山岩及石英安山岩質岩脈？

1、斑狀安山岩中有較大明顯的白色長石礦物斑晶及其他的碎屑岩塊，而石英安山岩質岩脈中的礦物顆粒較細小，用眼睛較不易觀察內含礦物，岩石表面沒有其他的碎屑岩塊(照片 31, 32)。

2、風化後的斑狀安山岩，表面仍會有明顯白色的礦物。而石英安山岩質岩脈風化後，表面除黑色風化條紋外，岩脈中看不出有任何的礦物(照片 33,34)。

(二)花嶼的安山岩與課本中的安山岩相同嗎？

在課本及附贈礦物標本中的安山岩與花嶼的安山岩，比較起來，有一些差異：

1、花嶼的斑狀安山岩或石英安山岩呈綠色或灰綠。

2、課本及附贈標本中的安山岩(台北縣基隆山、台北市大屯)顏色是灰色及灰褐色。(照片 35,36,37)

3、我們上網際網路查詢，發現花嶼的斑狀安山岩，在顏色及形態上比較類似東部地區的安山岩。(照片 38)

4、在組成的礦物上，花嶼的安山岩，普遍都含有黃綠色的礦物，這些礦物為綠泥石或綠簾石礦物，是花嶼跟其他地區的安山岩最不同的特徵。(照片 39)

(三)花嶼島上的岩脈分布情形如何？

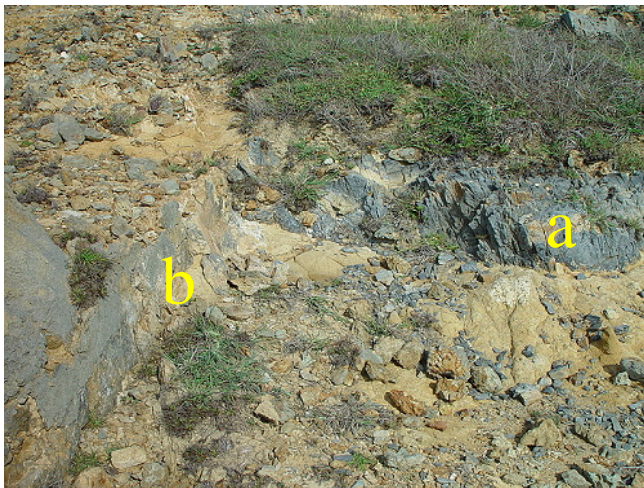
花嶼島岩脈的分類，目前多依台灣大學研究生楊小青小姐的研究報告—「澎湖縣花嶼火山岩之地球化學與核飛跡定年研究」結果分類，我們依其所描述的岩脈各項特徵，進行花嶼島地毯式的調查，對岩脈的數量、分布及現象，有些不同的結果發現：

1、我們共找出 68 條岩脈，所找出的岩脈露頭數量，比之前所有學者的調查多了二十條以上，我們認為這可能是調查目的不同的因素所造成的差距。

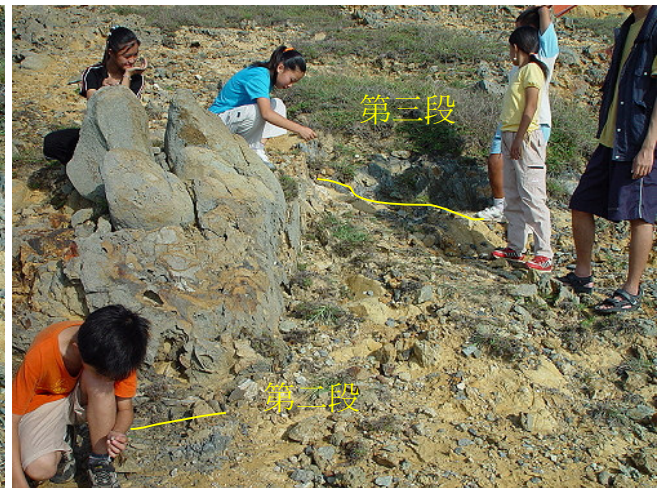
2、我們發現玄武岩質岩脈的地方(東南海岸)，與楊小青小姐發現的地區(西北方)不相同。

3、在野外觀察中，岩脈互相穿切的情形，非常普遍。

4、我們在進行岩脈規模的調查時，只對岩脈出露部份進行測量記錄，石英安山岩質岩脈出露的規模短而窄。流紋岩質岩脈出露的規模比較寬而長，特徵明顯也容易辨認。統計下來，就數量來說，石英安山岩質岩脈比流紋岩質岩脈多，但以平均長寬算成面積比較，流紋岩質岩脈就大多了(照片 40)。



照片 29：玄武岩質岩脈(a)受外力作用而斷裂
(b 為斷裂面)。



照片 30：斷裂的玄武岩質岩脈產狀。



照片 31：花嶼的斑狀安山岩，白色的長石礦物
清楚可見辨，也常捕獲其他的碎屑岩
塊(a)。



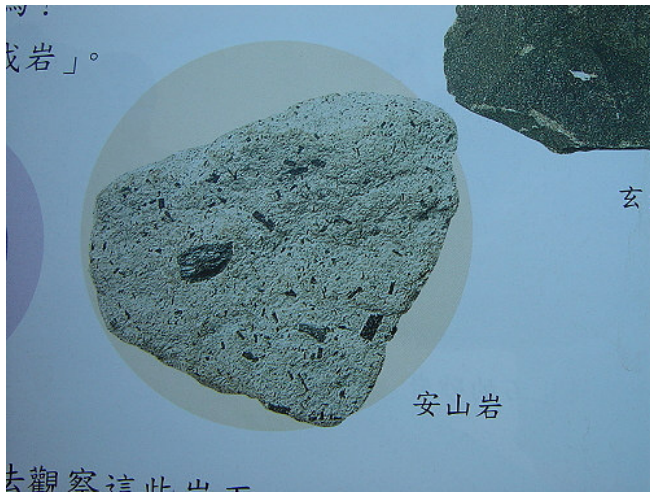
照片 32：花嶼的石英安山岩，礦物顆粒較細，
較不含其它岩石碎屑。



照片 33：風化後的斑狀安山岩白色礦物仍清晰
可辨。



照片 34：石英安山岩風化後，常形成黑色風化
條紋，表面也較無明顯的礦物。



照片 35：課本中的安山岩



照片 36：台北大屯山的安山岩



照片 37：台北縣基隆山的安山岩



照片 38：東部地區的斑狀安山岩，在顏色及產狀上與花嶼的斑狀安山岩較類似。(圖片引自台灣省礦物局)



照片 39：花嶼的安山岩普遍都含有黃綠色的礦物，是花嶼安山岩與其他地區最不同的特徵。



照片 40：流紋岩質岩脈(A)的露頭比石英安山岩質岩脈(調查人員所在位置)的長而寬。

5、在岩脈的分布上，從我們製作的分布圖看來，不同的岩脈似乎有集中分布的現象—西北部石英安山岩質岩脈較多，東南至東北流紋岩質分布較多。

6、由於受到地形及植物植被的影響，從西到西北地區，地勢較為平坦，風化後地層裸露的區域較廣，容易觀察，我們進行調查時也比較安全，因此數量較多。而東南至東北區域，植被區域較廣，地勢較陡，好多岩脈都是斷落入海，爲了顧及安全，我們僅就較為明顯的岩脈，進行測量及記錄。因此，我們認爲花嶼島上一定還有一些岩脈，在這次調查中沒被我們發現。

(四)岩脈在什麼情形下會互相穿切？

我們發現，島上的岩脈互相穿切的現象很普遍，而且都是流紋岩質岩脈穿切石英安山岩質岩脈；相同的岩脈也有互相穿切的情形。從岩脈穿切實驗的結果中，我們知道岩脈必須在維持高溫的情形下，才能進行漸進的穿切活動，假如有裂縫的話，穿切的活動會加速。

(五)根據包裹定律、穿切定律法則，判斷花嶼火山熔岩活動的時間正確嗎？

我們從野外調查的記錄中，依包裹定律、穿切定律法則而判斷出花嶼火山熔岩活動的次序爲斑狀安山岩，石英安山岩質岩脈、流紋岩質岩脈、最後爲玄武岩質岩脈。從楊小青小姐定年研究的結果比較，跟我們野外觀察後的判斷是相符合的。她的研究結果摘錄如下附表三：

附表三：花嶼火成岩之定年結果比較

岩性	年代(百萬)							
	50	54	58	62	66	70	74	76
火山熔岩(安山岩質)	(65 ± 3)							
石英安山岩質岩脈	(62 ± 4)							
流紋岩質岩脈	(61±2)							

(六)岩脈上的熱接觸反應緣都相同嗎？

我們野外觀察的結果發現，石英安山岩質岩脈、流紋岩質岩脈跟斑狀安山岩的熱接觸反應緣不太相同，根據我們熱接觸反應實驗的結果，這跟岩漿的溫度有關：

- 1、石英安山岩質岩脈的熱接觸反應緣通常為黃綠色，而黃綠色的岩石為綠簾石礦物。
- 2、流紋岩與安山岩接觸或穿切石英安山岩質岩脈的地方，多呈灰白色，稱為矽化作用帶。
- 3、熱接觸反應緣上的岩石，都比岩脈的岩石堅硬；辨認熱接觸反應緣，有助於我們進行岩脈的野外調查工作。

(七)岩脈地形會像石牆嗎？

媒體對海底疑似古城牆的描述，主要有以下二項：

1、在東吉嶼西北側，水深 25 米至 30 米之間，找到傳說中的石牆，石牆平均高度約一公尺，寬度約五十公分左右，長度約在百米，石牆呈東西走向，依水下聲納的掃描資料顯示，同樣的石牆約四至五道。經濟水專家實地觀察，在牆面部分小凹洞中，還夾雜著小卵石，再從石牆外型及周遭海床環境初判，疑似人為堆砌的石牆，很有可能是當時的人，為了抵擋北風填塞堆砌的「擋風牆」，而類似當今澎湖群島上普遍的「蜂巢田」人造建築結構。

2、部分地質學家也認為所謂的城牆只是岩層變化，由於澎湖群島的玄武岩本就變化多端，所以也可能是玄武岩節理看似一面牆，也有可能是由火山噴發所形成的火成岩岩脈。地質專家指出，這次東吉嶼海底發現的「沉城」，研判應該是交叉的玄武岩岩脈，這種地形，在馬公、後寮、七美、望安、東嶼坪等地，大約有十二處類似的陸上岩脈。

我們從調查的結果來看，花嶼島的岩脈通常也有以下的特徵：

1、風化作用或海蝕作用的結果，岩脈通常都會在陸地上或海邊形成突起的岩牆，高度在 1 到 3 公尺左右，如 1 號、3 號、16 號、26 號、43 號、58 號、67 號、68 號等岩脈，寬度約幾十公分至數公尺之間，露出長度也都在十幾公尺到上百公尺以上，也形成可以擋風的長牆結構。(照片 41,42,43)

2、以流紋岩質岩脈來看，兩邊的矽化作用帶由於較堅硬，常高於岩脈，也會形成像人造城牆上的城垛構造，岩脈中常出現巨塊或小塊的球狀風化石，風化後也會形成如小卵石般的，在岩脈表層散落或夾在岩脈中。(照片 44)

3、岩脈互相交錯穿切的情形，在花嶼島上非常普遍。例如：2 號與 3 號岩脈，12 號與 15 號岩脈，19 號與 20 號岩脈，22 號與 23 號岩脈，43 號與 67 號、68 號岩脈，46 號與 42、43 號岩脈，64 號與 65、66 號等岩脈，花嶼不是玄武岩構成的島嶼，但岩脈的數量非常多而密集，大部份的岩脈長度都伸入海中，在海底也有可能交錯穿切，形成「類似蜂巢田結構」的地形。(照片 45,46)



照片 41：岩脈常突起於陸地上，形成一道天然防風石牆。



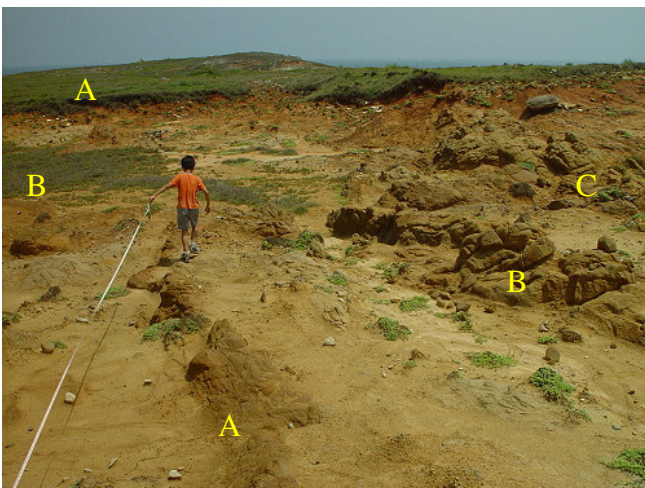
照片 42：岩脈突起於海岸邊，花嶼早期居民於岩脈旁建屋，形成天然的屏障。



照片 43：島上高於地面上約一公尺的岩脈非常普遍。



照片 44：岩脈兩側高於岩脈，在風化作用下，形成如城垛的構造。



照片 45：花嶼島上岩脈交錯非常普遍，形成如蜂巢狀的人造建築。



照片 46：花嶼港上的「故鄉百寶」碑建築在流紋岩質岩脈的露頭上，相當醒目

從以上花嶼岩脈的種種特徵與報紙、網路上刊登的石牆結構及圖片比較結果，我們認為發現的疑似海底古石牆遺跡，應該也是海底互為交錯的岩脈地形。

柒、結論：

一、在自然課的單元中雖然沒提到岩脈地形，但由於對報紙，海底石牆報導的好奇心，透過書籍的閱讀及網際網路的搜尋，我們認識了火山地形中的岩脈。又經過花嶼走透透的活動，發現花嶼島岩脈的數量非常的多，幾乎是隨處可見，說花嶼是「岩脈之島」可能也不為過。沒有這次的調查活動，我們可能都不會認識這些隨處可看到的岩脈地形。

二、這次的調查，我們共發現 68 條的岩脈。依其礦物組成、產狀分為石英安山岩質岩脈、流紋岩質岩脈、玄武岩質岩脈三種。其中以石英安山岩質岩脈的數量(47 條)最多，次為流紋岩質岩脈(20 條)，玄武岩質岩脈僅發現 1 條。

三、我們根據穿切定律法則的判斷，花嶼火山島岩脈活動的時間依序為石英安山岩質岩脈、流紋岩質岩脈，最後為玄武岩質岩脈，結果是正確的。

四、我們從岩脈的形狀、構造、規模等各方面觀察、測量後認為，在東吉海域發現的古石牆，應只是像石牆的海底岩脈地形。但我們卻衷心的希望著，澎湖海域中，真的能發現有海底古沈城遺跡，那將會有很多精彩的故事發生。

捌、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 (14 頁~21 頁, 95 頁) 民國 78 年 5 月

二、林長興等 澎湖群島之地質與地形 台灣省政府教育廳 (43 頁) 民國 80 年 8 月

三、黃國揚 認識花嶼 澎湖縣望安鄉花嶼國民小學 (26 頁~27 頁) 民國 86 年 6 月

四、<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

五、<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山教室

六、http://content.edu.tw/junior/earth/td_jb/content/s_03/stone/content/stones/sm00.htm 地球科學加油站—教學參考料—礦產資源—台灣岩石礦物與造岩礦物百科

七、http://cyberfair.taiwanschoolnet.org/cyberfair2000/cf0001/26220072/other/gold_4.htm 2000 年台灣學校網界博覽會專題研究網頁大賽—悲情流星城九份—地質考察