

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-地球科學科

科 別：地 球 科 學 科

組 別：國 小 組

作品名稱：咕嚕咕嚕 - 揭開羅山泥火山的神秘面紗

關 鍵 詞：泥火山、花蓮縣富里鄉羅山、自然資源保育

編 號：080511

學校名稱：

花蓮縣富里鄉東里國民小學

作者姓名：

徐培琪、潘 珍、練柏均、陳保忠

指導老師：

陳秋正、藍依萍



壹、摘要

根據文獻資料的統計，台灣地區泥火山共有 17 處，羅山地區是東部地區 2 處泥火山的分佈地之一，也是花蓮縣境內唯一的分佈地點。羅山地區的泥火山大多呈現噴泥池的景觀，只有幾個邊坡坡度約 10 度的噴泥丘。本實驗調查羅山地區泥火山噴泥口的直徑、噴發泥水的溫度，每分鐘的噴發次數、噴發量、含泥量、水質酸鹼性與含鹽度，並調查泥火山區域的植被概況，其中鹵蕨、彭佳嶼飄拂草與冬青菊都是生長在含鹽量較高的海岸地區，說明泥火山土質與海岸地區的共通性。鹵蕨在台灣的分佈只有屏東佳樂水地區與羅山泥火山地區，屬於稀有級的植物，羅山泥火山地區更是它族群數量最大的區域。本研究也模擬泥火山的噴發與泥火山兩種小地形的形成，以探究泥火山的噴發現象與小地形形成的原因。

貳、研究動機

四年級的鄉土教學課，我們曾到羅山泥火山進行戶外教學，五年級自然課上「**地層、岩石與礦物**」這個單元時，我們也到泥火山觀察這裡的地形與地質，覺得非常有趣，怎麼會有泥漿像冒泡泡一般的噴出來，而且這裡的植物和其他地方的也不一樣。這一學期的自然課中，上到「**台灣自然環境的特徵**」這個單元，老師要我們選定主題做專題研究，我們這一組就以泥火山作為我們研究的題材，探討泥火山的地質現象，並調查這裡的植物，比較和一般地區植物的種類是否有所不同，如果不同，是不是和泥火山噴發出來的泥漿有關，希望從這個研究中揭開泥火山的神秘面紗。

參、研究目的

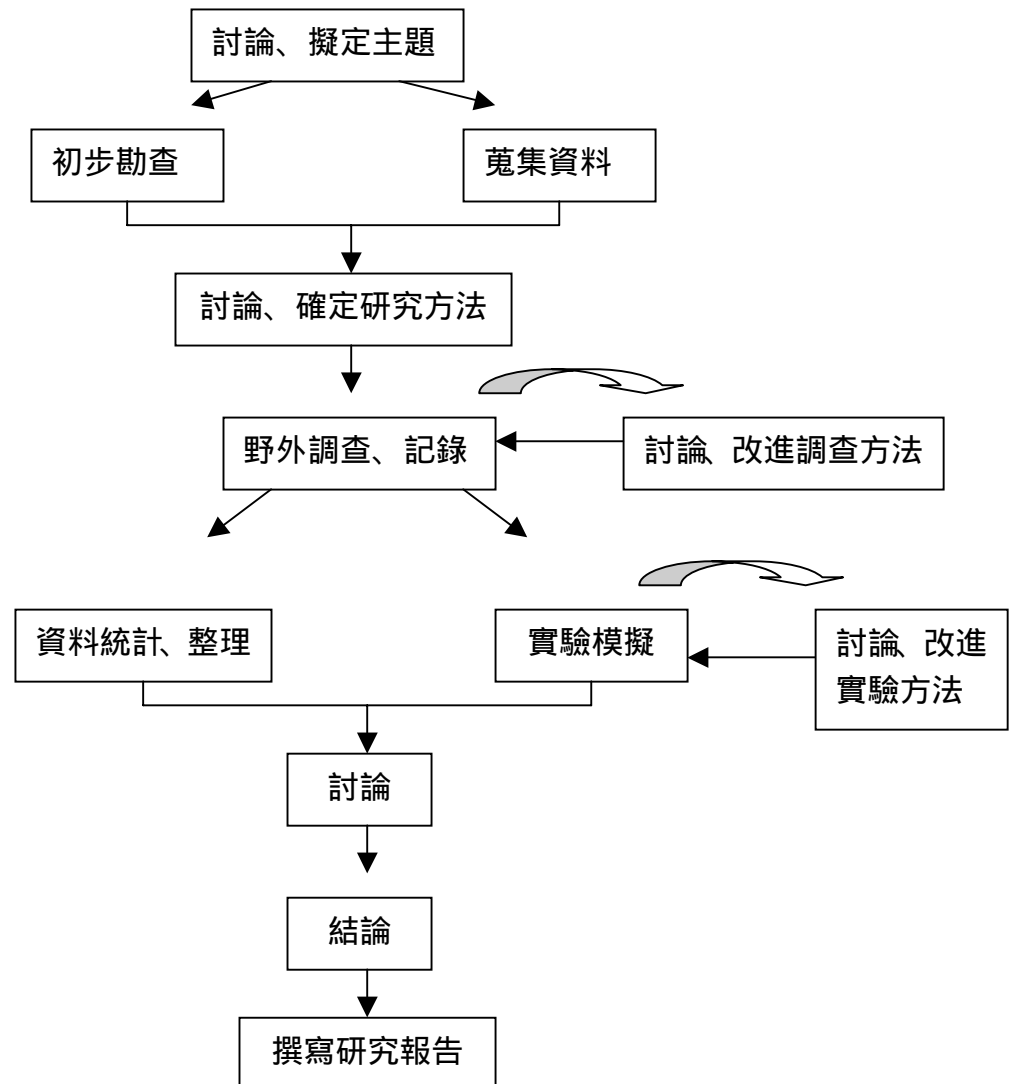
- 一、認識泥火山特殊的地質現象。
- 二、了解泥火山形成的原因。
- 三、探討泥火山泥漿噴發的現象。
- 四、從植物種類的特殊性印證泥火山地區特殊的地質。
- 五、實驗模擬泥火山噴發的現象與泥火山地區的小地形，探討泥火山噴發與這些小地形形成的原因。

肆、研究器材

- 一、資料收集：自然科學書籍、植物圖鑑、電腦網際網路。
- 二、戶外調查：皮尺、溫度計、量筒、漏斗、燒杯、水準儀、塑膠管、寶特瓶、植物圖鑑、塑膠袋、照相機、手錶、小鏟子、筆、調查記錄簿、指南針、量角器。
- 三、實驗室測量與實驗：量筒、燒杯、濾紙、漏斗、酒精燈、三腳架、石綿心網、天平、紅色石蕊試紙、藍色石蕊試紙、藍色指示劑、放大鏡。
- 四、模擬實驗：小塑膠盤、水管、照相機、塑膠容器、塑膠管、三腳架、漏斗、酒精燈、針筒。
- 五、資料統計、整理研究報告：電腦。

伍、研究流程與方法

一、研究流程



二、研究方法

- (一) 蒐集資料：使用網際網路、到圖書室蒐集泥火山的資料，並請老師提供相關的書籍。
- (二) 戶外調查：到羅山泥火山地區逐一測量各個泥火山噴泥口。
 - 1、觀察泥火山的外觀，並用文字加以敘述。
 - 2、測量噴泥口的直徑：用皮尺測量噴泥口最寬處的直徑，並記錄下來。
 - 3、噴出的泥漿的溫度：用溫度計先測量氣溫，再測量泥火山噴出的泥水的溫度，並加以比較。
 - 4、測量噴泥口噴發的次數：用手錶計時，計算每分鐘噴發的次數，並記錄下來。
 - 5、測量噴泥口噴發的泥水量：在噴泥口水流排出口用漏筒導引、盛接水流到燒杯中，收集 1 分鐘的泥水，再以量筒測量泥水的量，並記錄下來。
 - 6、收集噴泥口噴發的沼氣：根據收集的參考資料顯示，泥火山的噴發物除了水與泥土外，並會噴發沼氣，我們用「排水集氣法」收集噴發的氣體，測試這些氣體是否可以燃燒。
 - 7、收集噴泥口中的水，帶回學校分析。
 - 8、調查各噴泥口鄰近區域的植物種類，並加以記錄。
- (三) 實驗室分析：將從泥火山噴出的泥水收集後，帶回學校進行下列各項分析。
 - 1、水中的含泥量：將寶特瓶中的泥水充分搖晃均勻後，用漏斗倒入 50 毫升的量筒中靜置，使泥土沉澱，記錄沉澱的泥土的體積。
 - 2、測試酸鹼性：分別用石蕊試紙與藍色指示劑測試 10 毫升過濾後的水，記錄其酸鹼性質。
 - 3、水中的含鹽量：將寶特瓶中的泥水靜置後，倒入上層較澄清的水 50 毫升過濾後秤重，用酒精燈加熱使水分蒸發後，測量結晶的鹽的重量。
- (四) 模擬實驗：針對泥火山的成因與兩種小地形模擬形成的原因進行模擬實驗，以驗證我們的推論。
 - 1、泥火山噴發現象的模擬：以參考資料中所述泥火山的成因模擬泥火山的噴發現象。
 - 2、小地形 1：將收集的泥水靜置，上層較澄清的水進行上述的分析，下層沉澱的部分倒入塑膠淺盤中約 0.5 公分，曬乾後再重複上面的步驟，重複進行 10 次。曬乾後用水管在上面製造水流，觀察造成的地形是否和我們在泥火山看到的小地形相同。
 - 3、小地形 2：在上面模擬實驗完成後，在泥層上放置一個小石塊，用灑水器在上方淋澆，觀察是否和我們在泥火山看到的小地形相同。
- (五) 資料統計與分析：將調查的各項資料輸入電腦中，進行相關的統計與分析。
- (六) 撰寫研究報告。

陸、研究結果

一、關於泥火山的資料

運用網際網路與自然書籍，我們找到許多關於泥火山的資料，整理後敘述如下：

（一）泥火山形成的原因與條件：

泥火山的形成，是因為泥漿與氣體同時噴出地表，它的出現必須具備三個要素：

- 1、有泥岩層的分佈，供應泥漿的來源。
- 2、有天然氣。
- 3、有斷層等通路允許氣體與泥漿的湧出。

（二）泥火山的類型：

由於噴發泥漿的黏稠度不同，造成的泥火山外形也會不同，可以分為下面幾類：

- 1、噴泥丘：泥漿的黏稠度大，形成尖銳的錐形丘，邊坡傾斜角度超過 20 度。
- 2、噴泥盾：泥漿的黏稠度較小，形成緩丘狀，邊坡傾斜角度大於 5 度，小於 20 度。
- 3、噴泥池：泥漿中含泥量低、黏稠度小，坡度平緩，邊坡傾斜角度小於 5 度。
- 4、噴泥盆：噴泥口徑特別大的。

（三）台灣的泥火山：

台灣的泥火山共分佈在 17 個地區，大多位在台南縣、高雄縣、屏東縣，東部地區只有台東縣關山鎮電光里的雷公火泥火山（或稱為「泡泡泥火山」）花蓮縣富里鄉羅山村鹽埕地區。富里鄉永豐村石門地區也曾有泥火山的分佈，但現在已經見不到。

二、羅山泥火山的外觀

羅山泥火山位於花蓮縣富里鄉羅山村，大多為噴泥池的型態（照片 1），另有少數幾個噴泥盆（照片 2，由於參考資料中均未說明直徑多大的稱為噴泥盆，在羅山地區我們以直徑 2 公尺作為界定，直徑在 2 公尺以上的稱為「噴泥盆」）。比較醒目的泥火山位在羅山大魚池東側，有步道通到本處，民眾所知道的也是這個地區，這裡的泥火山活動較為劇烈，可以見到「噴泥盾」（照片 3）。順著大魚池外圍的道路往南約 1 公里，也有許多泥火山分佈，附近有花東縱谷管理處設置的觀景亭與步道設施，這裡的泥火山活動比較平緩，有些噴泥口噴出的水很澄清，似乎不含泥質（照片 4），有些則已經不再噴發，只呈現一溼溼小水洞或乾涸的泥漿留下的裂紋（照片 5）。噴發較劇烈的噴泥口，大多有一條明顯的溝狀泥水排出口（照片 6）。泥火山噴發的泥漿噴發後，水分蒸發後造成原本平滑的土表產生不規則的龜裂（照片 7），泥土上還會出現白色的結晶（照片 8），透過放大鏡觀察，這些結晶與鹽的結晶相同。



照片 1 噴泥池



照片 2 噴泥盆



照片 3 噴泥盾



照片 4 有的噴泥口噴出的水很澄清



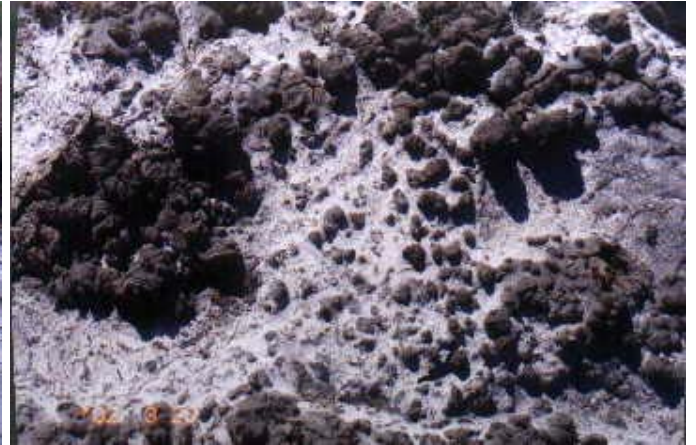
照片 5 停止噴發的噴泥口



照片 6 噴泥口的排水口



照片 7 土表乾燥後產生的龜裂



照片 8 鹽的結晶

三、野外調查的結果

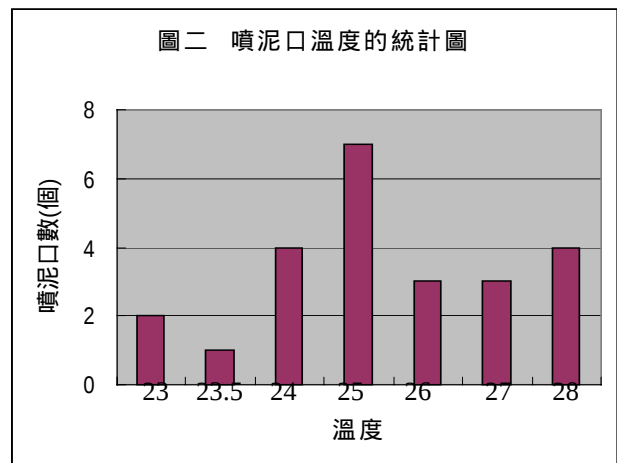
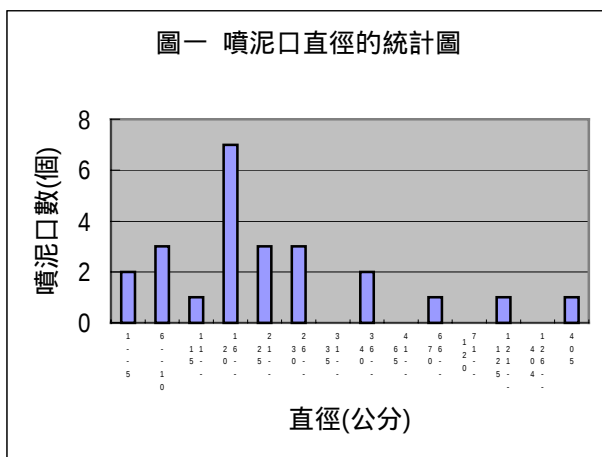
在羅山泥火山區，共調查 24 個噴泥口，逐一測量每一個噴泥口的直徑、溫度、噴發次數與噴發量，原始調查記錄如附件，並統計如下。

(一) 噴泥口的直徑

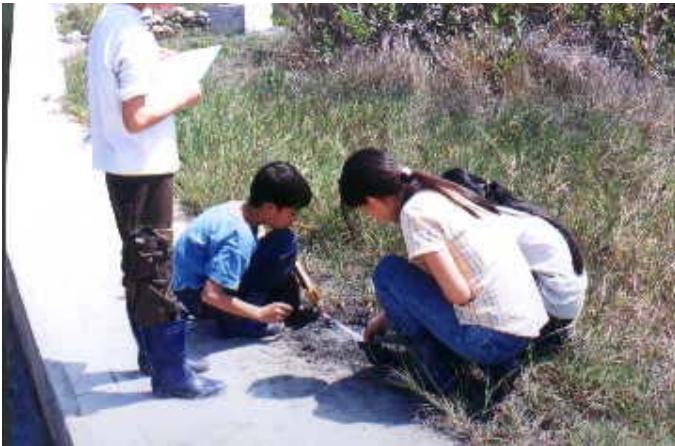
調查的結果如附件一，並統計如表一與圖一。

表一、噴泥口直徑的統計

直徑(公分)	1--5	6--10	11--15	16--20	21--25	26--30	31--35	36--40	41--65	66--70	71--120	121--125	126--404	405
噴泥口數	2	3	1	7	3	3	0	2	0	1	0	1	0	1



調查的結果顯示，羅山地區泥火山的噴泥口直徑大多在 50 公分以下，直徑在 1 公尺以上的噴泥口只有 2 個，這 2 個噴泥口是由 7 和 14 個噴泥口組成一個大的噴泥池（照片 10）。



照片 9 測量噴泥口的直徑



照片 10 編號 7 號的噴泥口有 7 個噴泥口

（二）噴發的泥漿的溫度

測量噴泥口的溫度前，我們先測量氣溫，調查時的氣溫大約介於 21 --32 之間，而噴泥口的溫度則大多介於 23 --28 之間，原始調查記錄如附件二，並統計如表二與圖二），顯示所噴發的泥漿並不具有高溫。

表二、各噴泥口溫度的統計

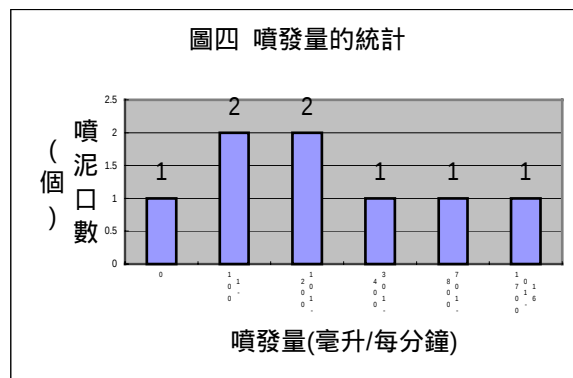
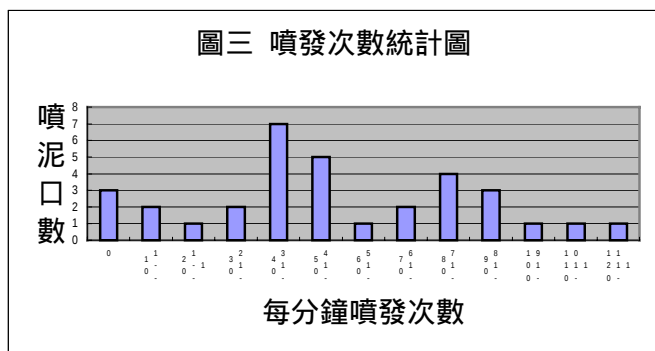
溫度（ ）	23	23.5	24	25	26	27	28
噴泥口數（個）	2	1	4	7	3	3	4

（三）噴發的次數

調查的結果如附件三，並統計如表三與圖三，由表三與圖三得知，每一個噴泥口噴發的次數有很大的差異，有的處於停歇的狀態而未噴發，有些噴發的次數則在每分鐘 100 次以上，非常的劇烈。（編號 7 與編號 17 分別有 7 個與 4 個噴泥口，每一個都分開來統計）

表三、噴泥口噴發次數的統計

噴發的次數	0	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120
噴泥口數（個）	3	2	1	2	7	5	1	2	4	3	1	1	1



照片 11 測量噴泥口的溫度



照片 12 編號 17 的噴泥口噴發十分劇烈

(四) 噴發量

調查的結果如附件四，並統計為表四後畫成統計圖（圖四），由表四與圖四得知，每一個噴泥口噴發的量有很大的差異，除了未測量的噴泥口外，其他的噴泥口有的處於停歇的狀態而未噴發，有的噴發的量可高達每分鐘 1000 毫升以上，非常的劇烈，有的則只有 1 毫升，大致而言，羅山泥火山噴泥口每分鐘噴發的量多在 200 毫升以下。

表四、噴泥口噴發量的統計

噴發量（毫升/分鐘）	0	1-100	101-200	301-400	701-800	1601-1700	未測量
噴泥口數（個）	1	2	2	1	1	1	16

(五) 噴發氣體的可燃性

利用排水集氣法在編號 22 號的噴泥口（這個噴泥口位置比較隱密，比較少人到達，所以選擇這個噴泥口）收集噴發的氣體（照片 14），50 分鐘後收回（照片 15），測量後測量，共收集 1160 毫升氣體，推算得知每小時的噴發量約為 1392 毫升，在瓶口點火，發現這些氣體確實可燃，可印證資料中說明的泥火山噴發的氣體確實為可燃的沼氣（照片 16。）



照片 13 測量噴發量



照片 14 以排水集氣法收集沼氣



照片 15 收集到的沼氣



照片 16 收集的沼氣點燃



(六) 泥火山地區的植被

泥火山地區植被的調查結果如附件五，根據我們的調查，在泥火山泥漿覆蓋的區域，冬青菊、彭佳嶼飄拂草、掃帚菊、鋪地黍與五節芒為最常見的植物，鹵蕨也在某些區域佔有優勢。由於噴泥口的環境略有差異，每一個區域內的植物略有不同，分別說明如下：

1、編號 1 至編號 4 與編號 13 至 16 的噴泥口位於羅山地區鹵蕨的主要分佈區，民國八十九年底有關單位在這裡進行排水工程與觀景台等設施，破壞了部分的鹵蕨（參考資料五），原有的鹵蕨生育地現在以彭佳嶼飄拂草、冬青菊、鋪地黍與掃帚菊等植物為主（照片 17、18）。

2、編號 5 的噴泥口在上面所述的工程完成後進行填土，這裡的植物組成種類較多，其中以雀稗、鋪地黍、馬唐、雷公根與紫花藿香薊較多，並有銀合歡的小苗在此生長。由於這個區域的噴泥口噴發量較小，地表被泥漿覆蓋的區域不大，所以與其他調查區域的植物種類有很大不同（照片 19）。

3、編號 7 與編號 8 的噴泥口附近植物覆蓋較少，只有少數彭佳嶼飄拂草、鋪地黍、冬青菊與掃帚菊分布。

4、編號 10 至 12 噴泥口附近極為潮濕，有大量香蒲（水蠟燭）、稗、大井氏水荳等水生植物，還有部分雀稗、狗牙根、鋪地黍與象草（照片 20、21、22）。



照片 17 編號 1—4 號噴泥口的植群



照片 18 編號 13—16 號噴泥口的植群

5、編號 17 至編號 23 的噴泥口是羅山泥火山噴發最劇烈的區域，這裡的植群有許多特殊的現象，敘述如下：

- (1) 植群分佈前緣的距離約略與坡度呈現相反的關係，經由測量的結果，東南的坡度最大（15 度），這個區域的植群就離噴泥口較遠，約有 24.25 公尺；北方的坡度最小（3 度），這個區域的植群就離噴泥口較近，大約只有 5 公尺（照片 23、24）。
- (2) 在這個區域，植群的分佈大致呈現同心圓的狀態，通常彭佳與飄拂草都分佈在最前緣，在外圍為冬青菊，最外圍則為五節芒，尤其是坡度較大的區域這個現象更為明顯。坡度較平緩的區域則大多以鋪地黍在最前緣，並有藤本的山葡萄蔓生（照片 25）。



照片 19 編號 5 號噴泥口的植群



照片 20 編號 10—12 號噴泥口的植群—香蒲



照片 21 編號 10—12 號噴泥口的植群—稗



照片 22 編號 10—12 號噴泥口的植群—大井氏水莞

6、編號 24 的噴泥口位在耕地中，農夫才剛翻土播種不久，附近的植物只見到鋪地黍（照片 26）。



照片 23 測量坡度角



照片 24 測量噴泥口到植群前緣的距離



照片 25 編號 17—23 號噴泥口的植群呈同心圓狀分佈



照片 26 編號 24 噴泥口位於耕地中

四、實驗室分析的結果

將在噴泥口收集的泥水帶回學校分析後，記錄如附錄六，其中編號 2、4、5 號噴泥口因處於停歇的狀態未噴發或噴發量小，故未收集泥水分析。

(一) 含泥量

由表五與圖五顯示，泥火山噴發的泥水中，每 10 毫升泥水所含的泥量大多在 0.1—0.5 立方公分之間，但也有少數噴泥口收集到的泥水中，每 10 毫升泥水所含的泥量高達 1.6、1.8、2.1、3.2 與 4.8 立方公分，說明這些噴泥口噴發泥漿的量很高（照片 28）。



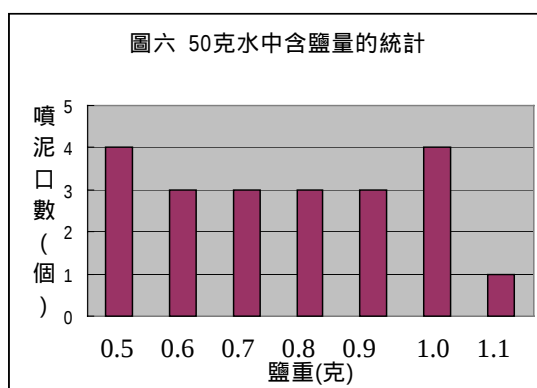
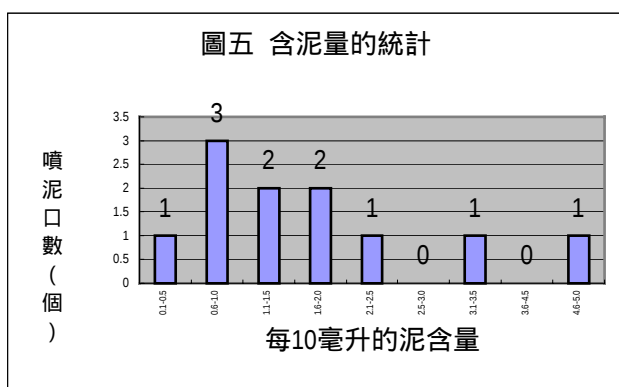
照片 27 收集噴發的泥水



照片 28 測量泥水中含有的泥量

表五、各噴泥口水中含泥量的統計

每 10 毫升含泥量	0.1-0.5	0.6-1.0	1.1-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.5-3.0	3.1-3.5	3.6-4.5	4.6-5.0
噴泥口數（個）	1	3	2	2	1	0	1	0	1



（二）酸鹼性

由附錄六與照片 31 顯示，泥火山噴發的泥水均使紅色石蕊試紙變成淺藍色、藍色石蕊試紙不變色、藍色指示劑呈藍色，呈現弱鹼性。



照片 29 將泥水過濾



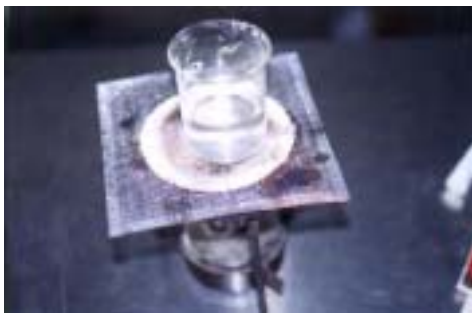
照片 30 測試酸鹼性



照片 31 測試的結果均呈弱鹼性

（三）含鹽量

各噴泥口噴發的泥水中每 50 克含有鹽的重量統計成表六與圖六，由實驗結果得知，泥火山噴發的泥水中，每 50 公克泥水中含有約 0.5—1.1 公克的鹽，平均為 0.67 公克，換算成每公斤（約等於 1 公升）泥水中含有 13.4 公克鹽分，含鹽量很高（照片 32、33、34）。



照片 32 將過濾後的水加熱



照片 33 水蒸發後產生的鹽的結晶



照片 34 秤重

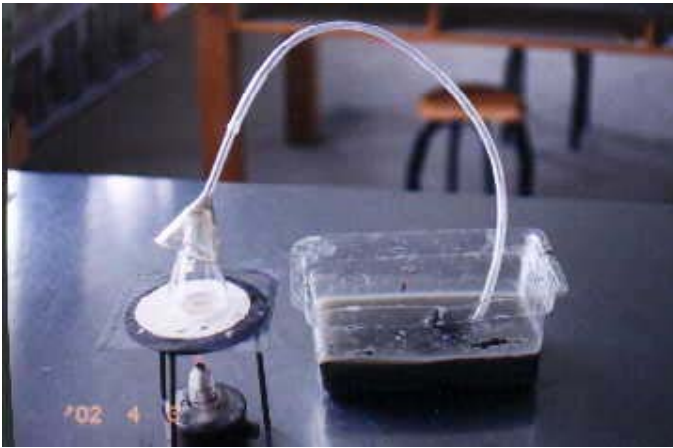
表六、各噴泥口水中含鹽量的統計

50 克水中含鹽量	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1
噴泥口數（個）	4	3	3	3	3	4	1

五、模擬試驗

（一）泥火山噴發現象的模擬

由蒐集的資料中得知，泥火山的噴發現象是因為地底中的沼氣聚積以後產生足夠的壓力將泥份與地下水擠壓中地面，我們用取自泥火山的泥沙以照片 35 中的實驗裝置來模擬沼氣的聚積後泥水的噴發現象，希望加熱的氣體上升後由漏斗收集經由塑膠管導引，產生足夠的壓力將泥水噴發出來。以這個實驗的方法進行模擬的結果並無法得到泥水噴發的現象。在討論後，我們把實驗的裝置改變成照片 36 的裝置，以針筒模擬沼氣的來源，操作的結果發現，當針筒中裝滿空氣後，將空氣擠壓出來，有如沼氣聚積產生的壓力，果然可以造成噴發的現象（照片 37），當針筒擠壓到底，裡頭的空氣用完了，就必須把針頭拔出，讓針筒中重新裝滿空氣，才能再一次造成噴發的現象，這與泥火山的噴發具有間隔性類似。在多次噴發後，模擬的實驗裝置中的泥沙也會造成噴泥丘的景觀（照片 38）。



照片 35 模擬泥火山噴發的裝置（一）



照片 36 模擬泥火山噴發的裝置（二）



照片 37 模擬泥火山的噴發現象



照片 38 模擬泥火山噴發形成的噴泥丘

（二）泥火山小地形 1 的模擬

我們在泥火山發現兩種小地形，其中小地形 1 如照片 39、40、41，我們推測是由於泥漿堆積後經由水流的冲刷所形成。泥火山的小地形以實驗方法中所述的方法模擬泥火山的泥層構造，泥漿噴發累積後形成一個層次，當泥流的方向改變，

這個層次因不再有泥流的覆蓋致使水分蒸散而乾涸，當泥流的方向再次流經這個地方，在原本的層次上再覆蓋上一個層次，如此重複多次，泥層便有了很多的層次。挖除模擬實驗中部份的土層，便發現有許多的層次（照片 41），與挖開泥火山泥層有類似的結構（照片 42）。若由模擬水流沖刷後，就會產生如照片 43 中有如小型大峽谷景觀或千層派般的小地形，證實我們的推論。



照片 39 小地形 1



照片 40 小地形 1



照片 41 小地形 1



照片 42 模擬實驗中泥層的層次



照片 43 泥火山泥層的結構



照片 44 模擬實驗形成的小地形

(三) 泥火山小地形 2 的模擬

從蒐集的資料中得知，照片 45 與 46 中的小地形稱為「土指」(參考資料一)，我們推論它是由於在泥層上有小石塊，下雨時由於雨水衝擊致使石塊旁的泥土流失，石塊下方的泥層則因為有石塊阻擋雨水的衝擊而沒有流失。經由模擬實驗的結果，證實土指正如我們的推論而形成(照片 47)。



照片 45 小地形 2 (土指)



照片 46 小地形 2 (土指)



照片 47 模擬實驗形成的小地形 2 (土指)

柒、討論

- 一、參考相關的書籍中說明，泥火山的形成必須要有斷層提供氣體與泥漿湧出的通路，這說明了羅山地區有斷層通過。
- 二、調查期間由於天氣變化大，氣溫的差距也很大，但泥火山噴泥口的溫度並沒有很大的差異，說明泥火山噴出的泥水溫度受到氣溫的影響不大。
- 三、羅山地區的泥火山具有不同的直徑，但比對我們調查的數據顯示(附件一與附件三)，直徑與每分鐘噴發的次數之間並沒有關係，例如編號 2 的噴泥口直徑有 40 公分，在 24 個噴泥口中屬於較大的，但每分鐘噴發的次數只有 9 次，而編號 9 的噴泥口直徑只有 5 公分，但每分鐘噴發的次數卻高達 77 次。
- 四、噴泥口的直徑和噴發的量之間也沒有明顯的關係，例如編號 8 與 10 的噴泥口噴發量分別高達每分鐘 760 與 350 毫升，但直徑分別只有 25 與 10 公分，編號 2 與 23 的噴泥口直徑分別為 40 與 70 公分，卻沒有明顯的噴發量。
- 五、以常理判斷，噴發量越大、每分鐘噴發的次數越多，應該會造成直徑比較大的噴泥口，但我們的研究卻沒有顯示這樣的結果，可能是我們研究的時間不夠長、收集的數據也不夠多所造成。可惜當我們要再進行調查時，多數噴泥口已經因為工程的施工而破壞(照片 48)，無法繼續進行更多次的調查。
- 六、野外調查的過程中，我們發現調查過的噴泥口噴發的次數似乎會改變，想進行多次的測量，卻因為噴泥口被破壞而中止。日後我們將進行更長時間，針對每一個新發現的噴泥口進行更多次的調查，來記錄噴泥口噴發次數的變動及它對噴泥口直徑的影響。

- 七、編號 7 與 17 的噴泥口分別由 7 個與 4 個噴泥口構成，在計算每一個噴泥口噴發的次數時會互相干擾，增加計算的困難度。
- 八、噴泥口噴發的次數取決於地底沼氣的聚積，當沼氣累積到足夠的壓力後才會噴發。模擬泥火山的噴發現象時，我們以酒精燈加熱，產生的熱空氣不足以產生足夠的壓力造成噴發現象，是實驗失敗的主因。
- 九、噴泥口噴發的次數與噴發的量之間也沒有關係，例如編號 9、14、22 的噴泥口每分鐘噴發達 77、64 與 110 次，卻沒有明顯的泥水自噴泥口流出，編號 8 的噴泥口雖然每分鐘只噴發 38 次，但噴發量卻高達每分鐘 760 毫升。
- 十、編號 17 的噴泥口噴發的泥漿溢出後，會在噴泥丘上造成一波波的漣漪（如照片 49），我們也可以計數漣漪的數目計算噴發的次數，但因為這個噴泥丘有 4 個噴泥口，無法統計個別的噴發量。
- 十一、利用戶外教學的機會，我們到三仙台海邊取海水回到學校進行海水中含鹽量的分析，分析的結果如附件七，每公斤（大約等於 1 公升）海水中含有的鹽份約為 22.8 克，泥火山所噴發的泥水中含有的鹽份大約是海水的二分之一，嚐起來應該也會鹹鹹的，不過為了安全起見，我們並沒有嘗試。



照片 48 原來調查的區域已經被破壞



照片 49 17 號噴泥口噴發造成的漣漪



照片 50 泥火山的泥水沉澱後的分層現象

- 十二、泥火山噴發的物質有很大的差異，野外調查時發現不同的噴泥口噴發的泥水黏稠度不同，在測量噴發的泥水的量時也發現，黏稠度較高的噴泥口噴發的水含有較多量的泥質，例如編號 8、13、17、18、19 和 20 的噴泥口，有些則含有很少的泥質，例如編號 6、10、11、12、14、15、16 與 23 的噴泥口。含泥量較高的噴泥口呈現坡度較為陡斜的外觀，編號 17—21 噴泥口造成的噴泥丘就是羅山地區最為壯觀的泥火山地形。
- 十三、噴發的泥水中含有的泥質成分也有所不同，在野外觀察的過程中，我們發現編號 17 與 18 的噴泥口噴發的泥質中含有大量的沙質，也含有部分粒質更細的泥粉。在測試水中的含泥量時，這兩個噴泥口噴發的泥水沉澱的泥質也分成兩個層次，下層為沙質，上層為細的泥粉（照片 50），與野外觀測的結果相符。觀察編號 17 與 18 噴泥口，泥漿噴發後，質地較重的沙質先在噴泥丘附近沉澱下來，較輕的泥粉則流到較遠的地方沉澱（照片

51)，與實驗室中泥質沉澱的層次也有相同的結果。除了這兩個噴泥口外，其他噴泥口噴發的泥質均為顆粒極細的泥粉，即使在編號 17 與 18 兩個噴泥口周圍 5 公尺範圍內的 19—21 號噴泥口也是如此。



照片 51 沙質先沉澱後，粉質流到較遠的地方



照片 52 嘗試測量沼氣噴發量的裝置

十四、我們曾經嘗試收集每一個噴泥口噴發的沼氣，但結果並無法順利的收集，討論後我們認為是由於所用的漏斗太小，無法將沼氣收集進漏斗中（收集的裝置如照片 52）。在把漏斗改為大型的後效果仍然不佳，原來是塑膠的漏斗會被噴出的氣體與泥水沖開，在塑膠漏斗上用木條壓住固定後果然順利收集到沼氣（收集完後將木條與實驗裝置都取走，讓泥火山回覆原貌。）

十五、噴泥丘坡度較大的方位，植群分佈前緣與噴泥口的距離會越遠，這是因為坡度越大，泥漿覆蓋的機會也會越大，植物分佈的範圍自然也就往後退縮。

十六、噴泥丘區域的植群分佈是動態的，當泥漿流經，會把原來的植群覆蓋，使得植群更遠離噴泥口，當泥漿流動的方向改變，植群就會往前推進。

十七、噴泥丘附近的植被大致呈現同心圓的分佈，可能是因為這些植物對鹽度的適應略有不同，也可能是因為對泥漿覆蓋的適應性不同而有分佈前、後的區別，這個部分需要實驗的驗證，也是我們後續研究的題材。

十八、泥火山地區分佈區域的範圍有許多和平日我們所見到的植物不同的種類，如鹵蕨（照片 53）、冬青菊（照片 54）與彭佳嶼飄拂草（照片 55）。查閱資料發現，鹵蕨在台灣的分佈除了羅山泥火山地區外，另一個分佈地點則為屏東佳樂水海岸（參考資料四）；冬青菊分佈在西南部海岸地區（參考資料六）；彭佳嶼飄拂草的分佈則在海岸地區（參考資料五），這些植物的出現也反映泥火山地區的土壤和海岸地區具有相同的性質，也就是含有較高的鹽份，這可以和我們分析噴發的泥水中含有極高的鹽份相印證。



照片 53 鹵蕨



照片 54 冬青菊



照片 55 彭佳嶼飄拂草

十九、觀察泥火山噴發的泥流上會有褐黃色的物質（照片 56），查閱相關的資料都沒有說明，不知道是什麼東西。我們以電子郵件向台灣大學地理系王鑫教授請教這個問題，王教授回覆表示他也不知道這是什麼東西（附件八）。

二十、調查的過程中，我們看到附近的人家用容器收集沼氣後以管子接到家裡作為瓦斯的替代品，為能源充分的應用（照片 57）。

二十一、在我們的研究告一段落後，又發現約有三十多個噴泥口，其中也有像編號 7 的噴泥口一樣為大型的噴泥池。

二十二、調查的過程中，發現有挖土機就在泥火山的分佈區內挖土整地（照片 58），據說是要做排水工程與步道，但也破壞了泥火山的原貌（照片 59），我們覺得泥火山需要保護，這樣的破壞行為是不對的。此外，也見到許多遊客破壞泥火山的景觀（照片 60），這是不對的行為，希望到這裡的遊客可以珍惜這些特殊的景觀。而在有關單位進行的工程破壞原有的景觀後，許多原本生長在這裡的植物也被破壞，例如照片 18 與 20 中的植物都已經消失，其中這個區域的鹵蕨更被全部剷除（照片 61、62），希望在工程進行的同時，也要兼顧到地景與生態的保育。



照片 56 泥火山噴發出褐黃色的物質



照片 57 附近人家以桶子收集沼氣當作瓦斯使用



照片 58 工程施工中，挖土機就在泥火山地區輾壓



照片 59 工程的進行破壞泥火山的原貌



照片 60 遊客破壞泥火山的外觀



照片 61 照片 20 中的植物景觀已經消失



照片 62 照片 18 中的鹵蕨也已經消失

捌、結論

- 一、羅山地區泥火山總計約有五十多個噴泥口，在我們的研究中總共調查了 24 個噴泥口。這個地區的泥火山外貌大多為噴泥池的型態，噴發較為劇烈且含泥量高的噴泥口則呈現噴泥丘的景觀，另外有少數幾個大型的噴泥池。
- 二、泥火山噴發的劇烈程度、噴發的物質中含有不同的質地與含水量，都會造成泥火山外觀的不同。
- 三、泥火山噴發的泥水溫度約在 25 左右，並不會如火山般噴發炙熱的岩漿。
- 四、泥火山的噴發有間歇性，噴發一段時間後可能會後停止，會在鄰近的地區產生新的噴泥口噴發。
- 五、泥火山噴發的泥水中含有極高的鹽份，這也造成許多原本只生長在海岸高鹽度地區的植物也會在此出現。
- 六、泥火山是十分奇特的地質現象，我們應該加以保護，也期盼政府單位在開發這些風景區時也能兼顧地景與生態保育的功能。
- 七、鹵蕨在台灣地區的分佈區域極小，最大的族群就在羅山泥火山地區（參考資料四），是台灣的稀有植物，希望有關單位重視它的保育。

玖、參考資料

- 一、王鑫 台灣的地形景觀 初版 台北市 第 208--212 頁 渡假出版社 1980 年。
- 二、王鑫 鬼斧神工雕大地—台灣特殊地景的保育 台北市 第 50--59 頁 自然資源保育特輯 1991 年。
- 三、徐仁修 不要跟我說再見 台灣 第二版 台北市 第 142—143 頁 作者自行出版 1994 年。
- 四、郭城孟 蕨類圖鑑 初版 台北市 遠流出版事業股份有限公司 第 188 頁 2001 年。
- 五、陳秋正、藍依萍 羅山地區植物之旅 第一版 花蓮縣 作者自行出版 2002 年。
- 六、陳明義等 台灣海岸溼地植物 第一版 台北市 行政院農業委員會 第 97 頁 1999 年。
- 七、湯曉虞等 自然生態保育 初版 台北市 行政院農業委員會、台灣省政府農林廳 第 104—109 頁。
- 八、廖美菊 自然花蓮 初版 花蓮縣 財團法人花蓮洄瀾文教基金會 第 233—234 頁 1995 年。

拾、研究題材來源

- 一、國民小學自然與科學第十冊「地層、岩石與礦物」單元（康軒出版社）。
- 二、國民小學自然與科學第十二冊「台灣自然環境的特徵」單元（康軒出版社）。
- 三、花蓮縣東里國民小學補充教材「羅山泥火山篇」。

附件一、各噴泥口的直徑

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
直徑（公分）	28	40	20	10	25	20	40	5	25	5	10	20	12	20	25	20	19	12	5	10
編號	21	22	23	24																
直徑（公分）	5	30	70	20																

附件二、各噴泥口噴發的泥漿的溫度

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
氣溫()	29	28	31	31.5	29	29	31	30.5	30	30	31	31	31	31	31	31	22	21	31	31
噴口溫度 ()	23.5	25	25	26	27	25	25	28	24	24	24	23	25	28	25	25	23	24	28	28
編號	21	22	23	24																
氣溫()	31	32	32	32																
噴口溫度 ()	27	27	26	26																

附件三、各噴泥口噴發的次數

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
次數（次/分鐘）	48	9	3	0	0	48	112, 76, 80, 82, 93, 37, 40	38	77	82	42	0	28	64	41	41	84, 38, 67, 73	34	29	39
編號	21	22	23	24																
次數（次/分鐘）	38	110	60	15																

附件四、各噴泥口的噴發量

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
噴發量(毫升/分鐘)	145	無明顯排水口，未測量	50	無明顯排水口，未測量	無明顯排水口，未測量	1	70	760	無明顯排水口，未測量	350	無明顯排水口，未測量	無明顯排水口，未測量	無明顯排水口，未測量	無明顯排水口，未測量	無明顯排水口，未測量	無明顯排水口，未測量	1605	115	無明顯排水口，未測量	無明顯排水口，未測量
編號	21	22	23	24																
噴發量(毫升/分鐘)	無明顯排水口，未測量	無明顯排水口，未測量	無明顯排水口，未測量	無明顯排水口，未測量																

附件五、泥水中的含泥量、酸鹼性與含鹽量

編號	含泥量	酸鹼性	燒杯重	燒杯+水重	燒杯+鹽重	鹽重	換算成每公斤水中的含鹽量
1	0.3	鹼性	43	93	43.9	0.9	18
2							
3	0.7	鹼性	37.2	87.2	38.2	1	20
4							
5							
6	0.1	鹼性	43.2	93.2	43.9	0.7	14
7	1.0	鹼性	47	97	48	1	20
8	0.3	鹼性	37.5	87.5	38	0.5	10
9	1.8	鹼性	43.4	93.4	44.2	0.8	16
10	0.1	鹼性	37.3	87.3	38.4	1.1	22
11	0.2	鹼性	32.9	82.9	33.7	0.8	16
12	0.1	鹼性	43.5	93.5	44.4	0.9	18
13	1.3	鹼性	40.1	90.1	41.1	1	20
14	0.1	鹼性	37.8	87.8	38.6	0.8	16
15	0.1	鹼性	43.5	93.5	44.5	1	20
16	0.1	鹼性	43.1	93	44	0.9	18
17	4.9	鹼性	37.9	87.9	38.6	0.7	14
18	2.1	鹼性	32.7	82.7	33.3	0.6	12
19	3.2	鹼性	34.2	84.2	34.8	0.6	12
20	1.6	鹼性	40.2	90.2	40.7	0.5	8
21	1.2	鹼性	38.1	88.1	38.7	0.6	12
22	1.0	鹼性	32.9	82.9	33.4	0.5	10
23	0.2	鹼性	26	76	26.7	0.7	14
24	0.5	鹼性	23	73	33.5	0.5	10

附件六、泥火山地區的植被

噴泥口編號	1—5	6	7—8	9—12	13—16	17—23	24
植物種類	舖地黍、彭佳嶼飄拂草、五節芒、苦苣菜、鹵蕨、野茼蒿、山茼蒿、紫背草	彭佳嶼飄拂草、舖地黍、雀稗、地毯草、馬唐、銀合歡、紫背草、紫花藿香薊、雷公根	彭佳嶼飄拂草、舖地黍、苦據蔡、冬青菊、掃帚菊	香蒲、雀稗、舖地黍、地毯草、稗、大井氏水莞、象草	彭佳嶼飄拂草、舖地黍、五節芒、冬青菊、鹵蕨	彭佳嶼飄拂草、冬青菊、舖地黍、五節芒、山葡萄	舖地黍

附件七、海水中含鹽量的測量

編號	燒杯重	燒杯+水重	燒杯+鹽重	鹽重	平均	換算成每公斤水中的含鹽量
1	33.4	83.4	34	0.6	1.14	22.8
2	26.6	76.6	27.7	1.1		
3	33	83	34.7	1.7		
4	38.5	88.5	39.9	1.4		
5	33	83	33.9	0.9		