

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 地球與行星科學科

第二名

051908

金山神秘海岸浮石事件解密

學校名稱：國立臺灣師範大學附屬高級中學

作者： 高二 劉品蘭 高二 歐叙鋒	指導老師： 王靖華 洪逸文
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：浮石、化學組成、海嘯

摘要

浮石是一種多孔的火山碎屑岩，氣孔佔總體積很高比例，因此能浮在水上。本研究針對臺灣新北市金山區神祕海岸的沉積物所含的浮石進行探討，藉由閱讀文獻、實地考察、採樣、實驗分析等方式，來瞭解浮石的沉積環境、化學組成與形成機制。依照化學成份分析結果顯示神祕海岸的浮石化學組成與日本、菲律賓的浮石較無關聯，最可能是北部的大屯火山或觀音山噴發所造成。至於是以何種搬運方式至神祕海岸沈積下來，目前本實驗的研究結果顯示海嘯的可能性最高。

壹、 研究動機

之前隨學校至新北市金山區獅頭山公園與神祕海岸一帶進行野外考察（如圖 1 黃色圈圈所示之處），在海岸的水窪中，發現浮於水面上的石頭，帶回比對確認該石為浮石。上網搜尋後我們發現，對於金山神祕海岸浮石的來源，有許多不同的說法。但根據課本對附近海流的敘述，我們覺得這些說法只描述出部分訊息，因此著手研究其成份及可能來源。

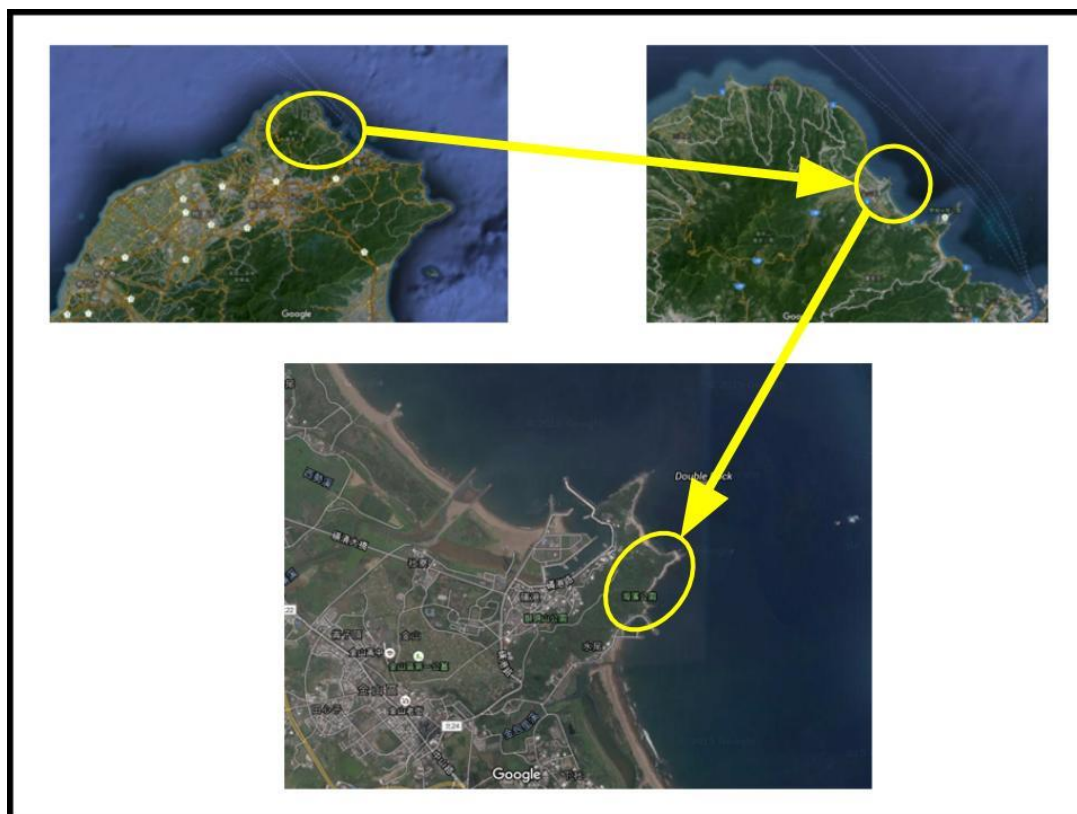


圖 1 獅頭山公園神祕海岸的地理位置

貳、 研究目的

- 一、 瞭解金山岬的地質環境及相關的地質事件。
- 二、 檢測金山神秘海岸浮石的化學成分。
- 三、 收集台灣附近國家的火山浮石相關資料進行比對。
- 四、 推測此些浮石可能的搬運途徑。

參、 研究設備及器材

- 一、 野外採樣：捲尺、鏟子、夾鏈袋
- 二、 室內實驗分析：秤量紙、試鏡紙、三號及八號透明夾鏈袋、鋁箔烤盤、燒杯、鑷子、透明塑膠樣品罐、研鉢（不鏽鋼、瑪瑙）、篩網組、電子秤、超音波震盪機、切割機、黏著劑、坩堝、去離子風扇、刮勺、精密天秤、燒餅機、X-ray Fluorescence(XRF) 機器、熱風循環烘箱、搖篩機
- 三、 紀錄：電腦、壓克力尺、數位相機、手機

肆、 研究過程或方法

- 一、 研究地區環境、採樣方式及 X-ray Fluorescence(XRF)原理介紹

(一) 研究地點環境介紹

神秘海岸位在金山沖積扇東側的海岬上，水尾漁港北側，獅頭山公園內。本研究地點位於新北市金山區的神秘海岸（東經 121 度 39 分 5.13 秒，北緯 25 度 13 分 36.51 秒），距離水尾漁港約 180 公尺，海岸邊岩壁上的表土沉積物中有浮石的存在（如圖 4-1, 4-2）。



圖 4-1 採樣地點地理位置



圖 4-2 採樣點附近環境

(二) 採樣方式

1. 浮石採樣

於神祕海岸表土沉積層出露浮石之處，以鏟子挖掘、採樣，放入水池中確認其為浮石後，裝入夾鏈袋，並帶回實驗室進行外觀分析。採樣時間共兩次，第一次為 2015 年 11 月 14 日採集 10 顆；第二次為 2015 年 12 月 10 日採集 4 顆。

2. 沉積物採樣

於神祕海岸表土沉積處，由上而下，每間隔 10 吋以鏟子挖掘約 300 公克的沉積物，並裝入夾鏈袋，帶回實驗室進行分析。採樣時間為 2016 年 4

月 14 日，共採集約 2700 公克的沉積物。

(三) X-ray Fluorescence(XRF)機器原理介紹

1. 利用 X 光激發樣品中的原子核內層電子，使其躍升或游離，接著外層電子便會向內層遞補，並釋放每一種元素獨有的特徵能譜。
2. 根據特徵能譜的出現與否，可以判斷待測物是否含有此元素；而根據特徵能譜的強度，可以判斷此元素的含量多寡。

二、 研究方法及過程

本研究流程分為六個步驟，分別是文獻閱讀、野外浮石及沉積物採樣、浮石的基本物理性質測量、浮石 XRF 化學組成分析、沉積物粒徑大小分析、實驗數據分析及製圖對比。分項說明如下流程圖（參見圖 4-3）：

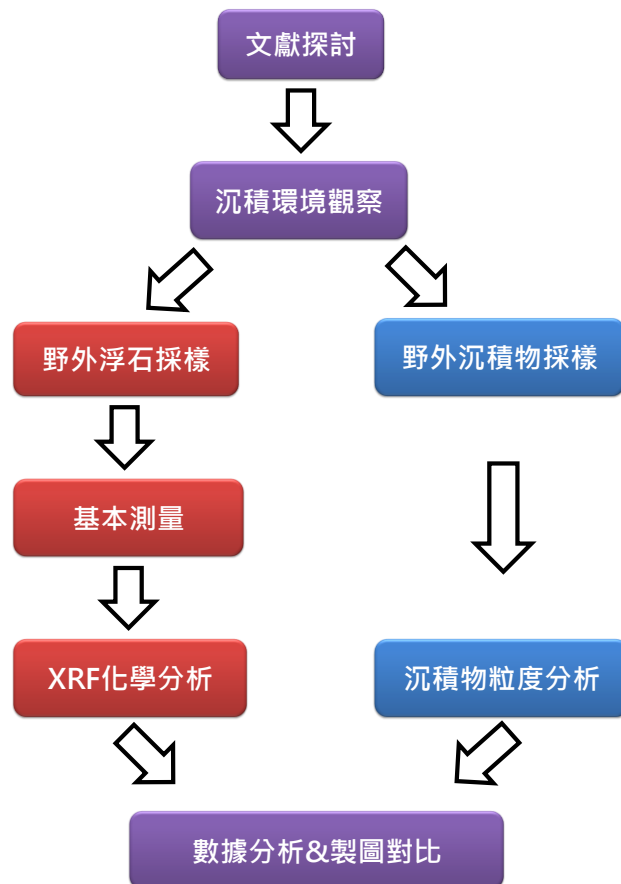


圖 4-3 研究流程

(一) 文獻閱讀

1. 查詢書籍：前往圖書館搜尋有關金山神祕海岸以及五指山層的書籍。
2. 搜尋網路資源：使用 Google 學術搜尋和師大圖書館電子資料庫的 Science Direct On-line(SDOL)資源搜尋有關日本、菲律賓以及其他鄰近國家的浮石之學術論文。
3. 數據分析：將得到的台灣、日本和菲律賓的浮石資料輸入 Excel 表格，製成折線圖比較各物質含量。
4. 以上流程請參見參見圖 4-4。

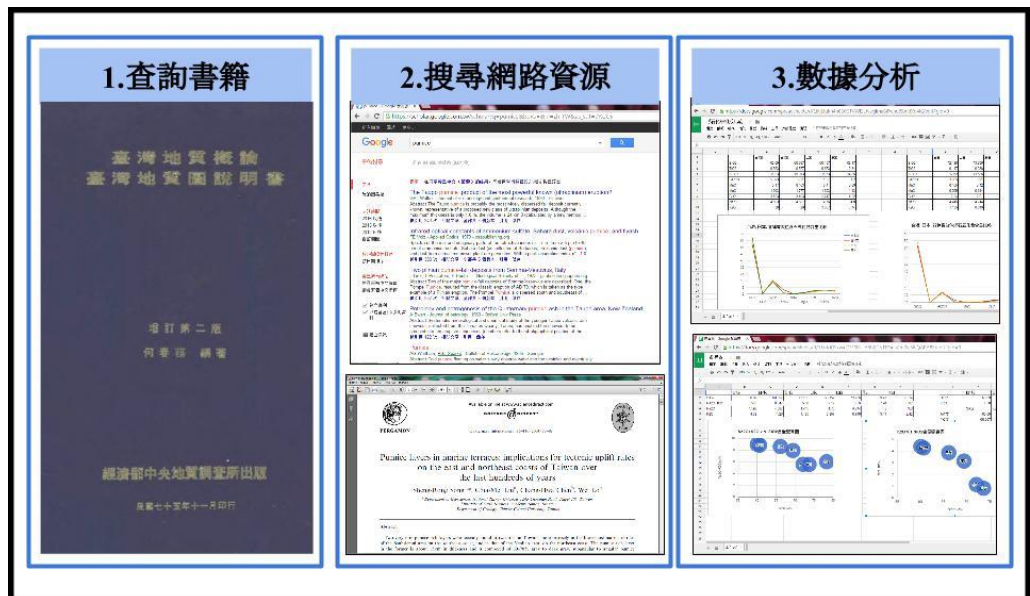


圖 4-4 步驟一：文獻閱讀

(二) 野外浮石及沉積物採樣

1. 採樣點環境的觀察：觀察表土沉積物和當地地層之間的關係。
2. 浮石採樣：在表土沉積層離地表大概 150 公分高處，挖掘鑲嵌在表土沉積物上之浮石。確認後將浮石以夾鍊袋封好帶回實驗室。
3. 沉積物採樣：在表土沉積層，由上往下，每隔 5 或 10 吋挖取約 300 公克的

沉積物，並以夾鏈袋封好，帶回實驗室。

4. 採樣相關照片，請參見參見圖 4-5。

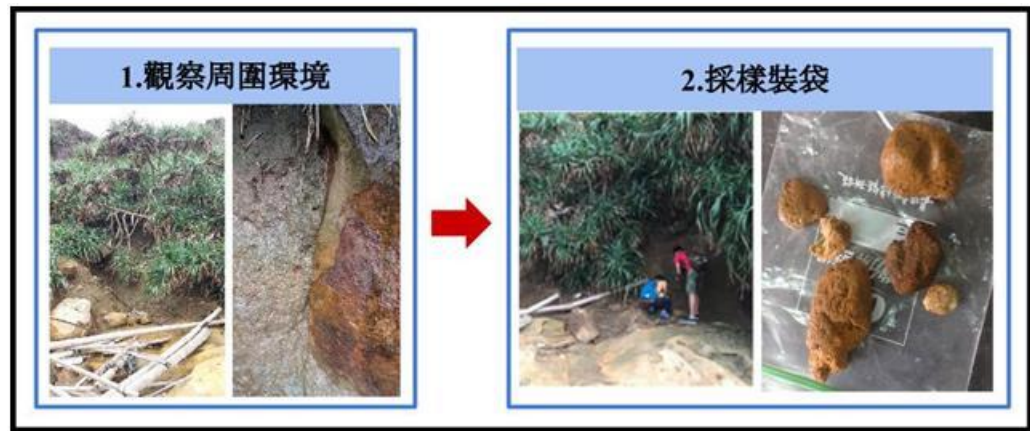


圖 4-5 步驟二：野外浮石採樣

(三) 浮石的基本性質測量

1. 清洗浮石：以牙刷與超音波震盪機，將浮石孔隙中含有的沙粒和泥土清理乾淨。
2. 將浮石編號並測量其大小：將浮石編號，以尺測量其長寬、半徑，並觀察其顏色。
3. 測量基本性質的相關照片，請參見圖 4-6

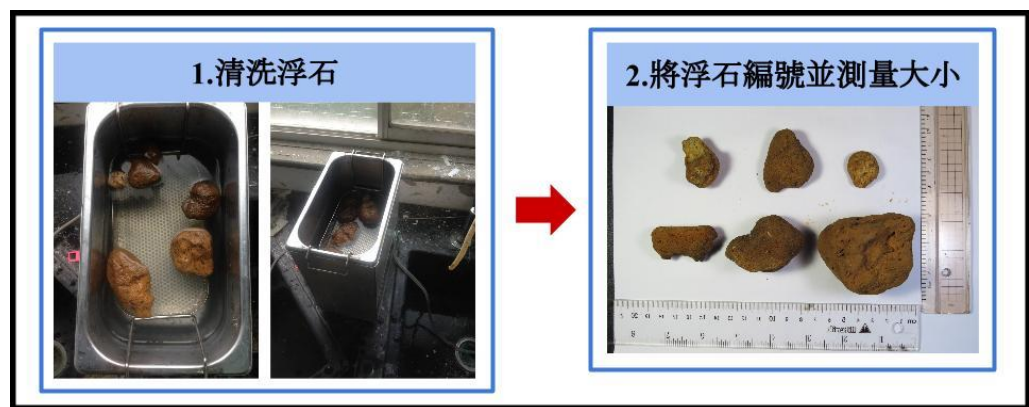


圖 4-6 步驟三：基本性質測量

(四) 浮石 XRF 化學組成分析

1. 去除風化部分：將浮石以切割機削掉外層被風化的部分，只留下內層的部分。
2. 放入烤箱烘乾：將切割後的浮石放到 110°C 的烤箱烘乾。
3. 研磨成粉末狀，並過篩：將烤乾的浮石裝入兩個三號透明夾鏈袋，再用不鏽鋼研鉢敲碎成小碎片。接著將浮石碎片從夾鏈袋中取出，裝入瑪瑙研鉢內磨成粉末狀。而後將浮石粉放入 63 微米的篩網內搖動。
4. 將粉末裝入樣品罐：將過完篩的粉末裝入樣品罐。
5. 高溫烘烤：將部分浮石細粉裝入坩堝中高溫烘烤。
6. 將黏著劑與浮石粉末混和：以精密天秤稱量 6 克黏著劑和 0.6 克烘烤過的浮石細粉，並裝入經過去離子風扇吹拂的樣品罐，並混合均勻。
7. 燒至成玻璃圓餅：將混和好的粉末放入燒餅機，燒製成硼玻璃圓餅。
8. 放入 XRF 機器：將硼玻璃圓餅放入 XRF 機器裡，分析內含元素成分。
9. 相關流程，請參見圖 4-7，4-8。

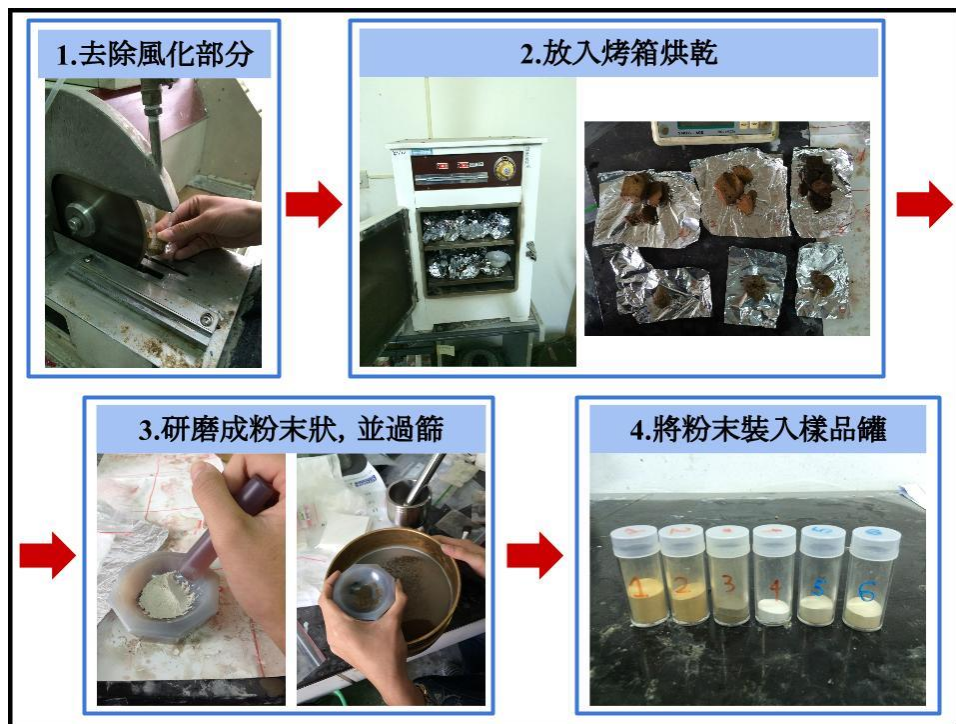


圖 4-7 步驟四之一：XRF 化學組成分析

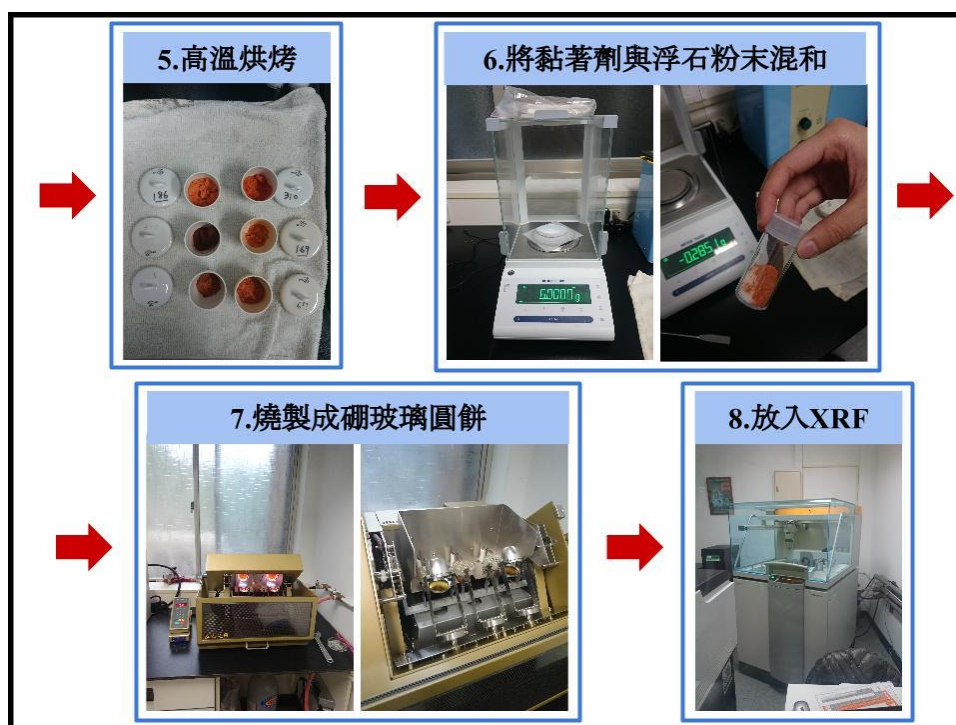


圖 4-8 步驟四之二：XRF 化學組成分析

(五) 沉積物粒徑大小分析

1. 將沉積物編號：將採集回來的不同高度沉積物分別放入鋁箔烤盤，並在盤

中放入標示的小紙片。

2. 將沉積物放入烘箱烘乾：將裝有沉積物的鋁箔烤盤放入熱風循環烘箱中烘烤，直到沉積物乾燥。
3. 放入搖篩機震動，使沉積物分層：一次取出一個高度的沉積物，放入篩網組，並放入搖篩機震動，使沉積物按照各粒徑大小分層。
4. 秤量各粒徑大小沉積物的質量：將各層的沉積物取出，置於電子秤上，測量其質量，並記錄數值。
5. 相關流程，請參見圖 4-9。

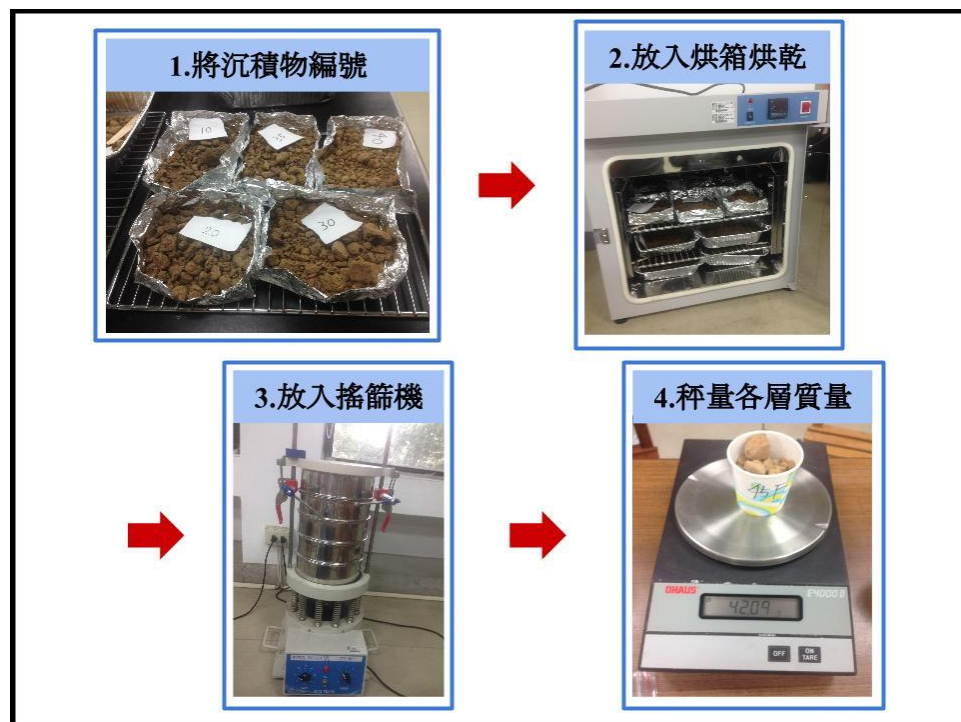


圖 4-9 步驟五：沉積物粒徑大小分析

(六) 實驗數據分析及製圖對比

1. 將數據製成 Excel 表格：將實驗結果的數據製成 Excel 表格，以便整理。
2. 製成圖表：依據不同分析方法，將數據以 Excel 軟體繪製不同圖表，並和文獻閱讀所得之浮石化學成分數據進行比較分析。

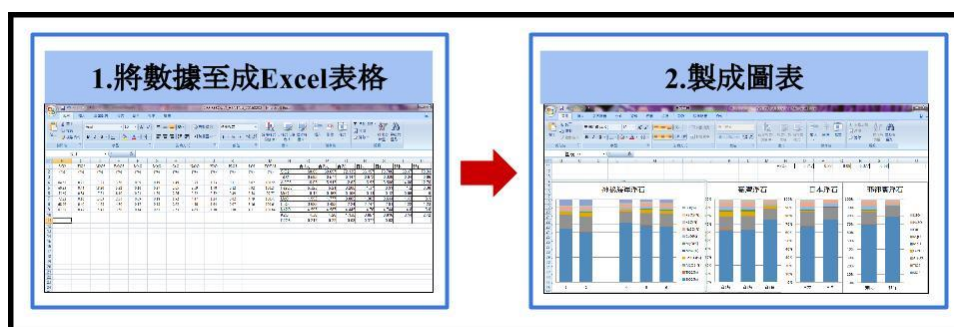


圖 4-10 步驟六：實驗數據分析及製圖對比

伍、 研究結果

一、 金山地質環境與各地的浮石成分

(一) 神祕海岸地質環境

1. 從陳（2015）的文章中發現：神祕海岸位在的金山岬上，當地出露的地層為北台灣地區最古老的沉積岩層—五指山層，形成於距今 3000 萬年的濱海環境。其岩性特徵以白色中粒至粗粒石英砂岩為主。
2. 從黃等（2008）的文章中發現：原本呈水平而深埋的五指山層，受造山運動推擠，來自東南方向的擠壓應力作用，形成背斜構造和一條逆衝斷層（金山斷層），且背斜軸由東北向西南沿伸。使東南側較老的五指山層向上逆衝，並露出地表接受侵蝕作用，使五指山層以上的地層被剝除殆盡。

(二) 浮石化學組成（參見表 5-1）

1. 依地區分類

(1) 臺灣

東部三仙台（表 5-1 中的臺 1）和東北部鹽寮（表 5-1 中的臺 2）皆有浮石出露。其中三仙台的浮石只有灰色，而鹽寮的浮石則有灰白兩種。當地的浮石普遍在 Fe_2O_3 的含量較高。

(2) 日本

九州中央熊本縣的阿蘇火山（表 5-1 中的日 1 灰）、東南方伊豆一小笠原島弧的海底火山（表 5-1 中的日 2 白）皆有浮石的出現。其中伊豆一小笠原島弧的海底火山的浮石是白色浮石，阿蘇火山的浮石則是灰色浮石。當地石在 TiO_2 的含量較高。

(3) 菲律賓

菲律賓皮納圖博火山灰（表 5-1 中的菲 1 灰）、白（表 5-1 中的菲 1 白）兩種浮石皆含有。當地浮石在 TiO_2 和 MnO 的含量跟其他地區比起來含量極低。和台灣以及日本地區浮石不同的地方是：除了 SiO_2 之外， K_2O 的含量也是白色浮石較多。

2. 依顏色分類

(1) 灰色浮石

灰色浮石在大部分物質的含量皆較多，唯獨 SiO_2 的含量比白色浮石來的少。其中 TiO_2 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 K_2O 的含量差異較明顯。

(2) 白色浮石

白色浮石在除了 SiO_2 以外的大部分物質的含量皆較少。其中菲律賓皮納圖博火山的白浮石在 Fe_2O_3 、 CaO 和 Na_2O 含量特別少，而 K_2O 的含量則特別多。

表 5-1 各地區浮石化學成分比較

	台 1 灰	台 2 灰	台 2 白	日 1 灰	日 2 白	菲 1 灰	菲 1 白
SiO_2	60.09	60.697	72.135	66.157	73.706	69.47	78.34
TiO_2	0.583	0.577	0.147	0.673	0.338	0.34	0.06
Al_2O_3	16.03	15.913	12.62	16.53	13.586	14.86	12.76
Fe_2O_3	5.323	5.21	3.205	1.37	0.91	1.2	0.38
FeO	0	0	0	2.1167	1.664	1.2	0.38
MnO	0.17	0.163	0.105	0.11	0.12	0.06	0
MgO	1.993	1.777	0.005	1.303	0.644	1.43	0.1

CaO	3.623	3.493	2.24	2.747	2.91	4.22	1.23
Na ₂ O	4.593	4.587	4.445	4.76	4.744	4.8	3.6
K ₂ O	4.38	4.26	1.135	3.857	0.816	3.14	2.42
P ₂ O ₅	0.217	0.22	0.08	0.377	0.08	0	0

(三) 臺灣北部地質事件

1. 大屯火山爆發

從林（2010）的文章中發現：兩百八十萬年到三十五萬年前台灣最規模的大屯火山群爆發，且依先後順序可分成三期。其中早期之噴發零星散佈在火山地區之中部、東北部及西南部。

2. 海嘯

從游等（2016）的文章中發現：目前在金山平原上發現二層特別的堆積層，原先是沿岸砂洲堆積物，後來被海嘯搬運到內陸河川的氾濫平原，從碳十四定年法估算的年代來看，其可能年代可能是在 1867 與 1694 年。其中，1694 年接近清代郁永河聲稱造成台北康熙大湖的大地震時間。

二、 神祕海岸的沉積環境概述

(一) 表土層大約有 200 公分厚，離平均潮線約 18 公尺。而含有較多浮石的浮石層，離地高度大約 150 公分，厚度約 40 公分。

(二) 浮石層並非是原先沉積在五指山層的砂岩中，而是在覆蓋的表土層裡，且兩者之間有明顯的分隔，如圖 5-1 所示。

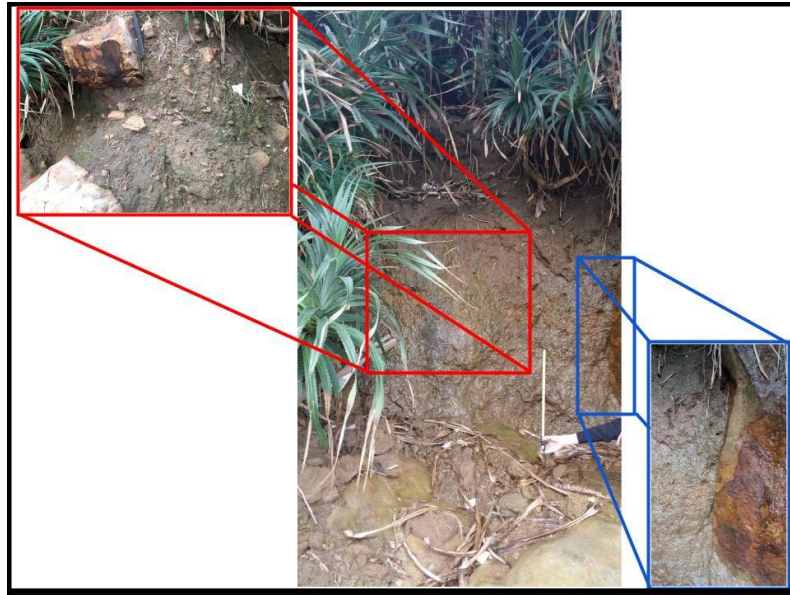


圖 5-1 浮石出露處的近照

三、 浮石的外觀描述

(一) 樣品一號

顏色呈現土色，清洗過後仍無法顯現原本顏色。形狀則大致為拳頭狀，直徑大約 7 公分，上面佈滿肉眼可見之大孔洞。質地較鬆軟，施加壓力便會碎成粉末狀。磨成粉後黃豆色。(如圖 5-2, 5-8)



圖 5-2 樣品 1 號

(二) 樣品二號

顏色呈現土色，清洗過後仍無法顯現原本顏色。形狀則大致像破碎的橢圓，兩軸分別為 9 公分和 5 公分，上面佈滿肉眼可見之大氣孔洞，還有少許白色膠

結物顆粒。質地較鬆軟，施加壓力便會碎成粉末狀。磨成粉後黃豆色。(如圖 5-3, 5-8)



圖 5-3 樣品 2 號

(三) 樣品三號

顏色在清洗之後呈現深咖啡色。形狀呈不規則形，直徑大約 4.5 公分，表面氣孔較小，肉眼不易看見，但是含有相當多的白色長條狀膠結物。磨成粉後仍成呈深咖啡色。(如圖 5-4, 5-8)



圖 5-4 樣品 3 號

(四) 樣品四號

清洗過後露出內層白色的部分。形狀則呈扁圓狀，直徑大約 2.5 公分，表面較光滑，氣孔也較小，肉眼只能看見黑點。沒有明顯的膠結物，且有很多裂痕。磨成粉後呈現乾淨的亮白色。(如圖 5-5, 5-8)



圖 5-5 樣品 4 號

(五) 樣品五號

清洗過後大部分表面成土色，但有一些地方有露出白色的部分。形狀呈不規則形，直徑大約 4 公分，氣孔相當明顯。磨成粉後呈米色。(如圖 5-6, 5-8)



圖 5-6 樣品 5 號

(六) 樣品六號

顏色大致成土色，形狀為缺了一角的球狀，缺角處的表面則呈白色。直徑大約為 4 公分，氣孔十分明顯，以黑點的形式分佈在表面。磨成粉後呈米色。(如圖 5-7, 5-8)

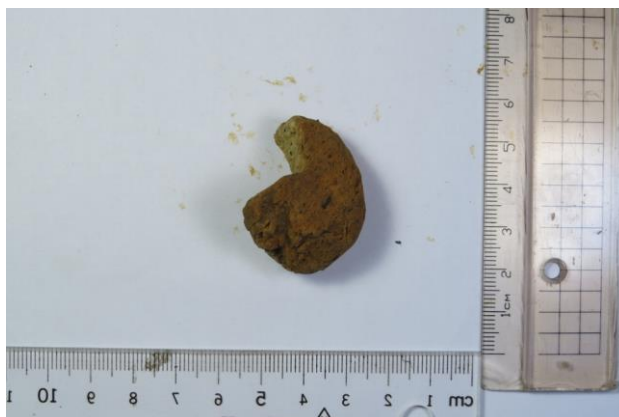


圖 5-7 樣品 6 號



圖 5-8 磨成細粉後各樣品顏色

四、 浮石的化學組成

表 5-2 XRF 化學分析的結果

	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6
SiO ₂ (%)	64.63	60.33	55.69	72.22	68.76	67.38
TiO ₂ (%)	0.22	0.44	0.84	0.16	0.4	0.47
Al ₂ O ₃ (%)	17.23	18.3	17.81	13.03	14.68	15.47
Fe ₂ O ₃ (%)	3.5	5.32	8.1	2.35	4.3	3.5
MnO(%)	0.09	0.1	0.21	0.09	0.12	0.14
MgO(%)	0.19	0.37	1.39	0.18	0.48	0.61
CaO(%)	1.49	2.05	2.86	1.92	2.62	2.53
Na ₂ O(%)	3.75	3.59	5.32	4.47	4.4	4.65
K ₂ O(%)	1.33	1.7	3.52	1.24	1.64	1.1
P ₂ O ₅ (%)	0.11	0.12	0.49	0.02	0.07	0.1
其餘(%)	8.02	7.92	3.54	4.79	3.16	4.71

五、 沉積物粒徑大小分佈

表 5-3 沉積物粒徑大小百分比

粒徑大小 採樣高度	大於 2mm	大於 1.24mm	大於 0.5mm	大於 0.062mm	小於 0.062mm
10	0.39%	0.67%	10.34%	84.03%	4.57%
20	0.00%	0.10%	6.93%	85.77%	7.19%
30	16.78%	4.73%	20.69%	54.23%	3.57%
35	28.40%	6.99%	31.33%	30.57%	2.71%
40	53.38%	19.67%	12.32%	12.94%	1.69%
45	51.10%	2.51%	24.70%	20.31%	1.38%
50	2.31%	0.15%	8.38%	85.30%	3.86%
60	2.22%	0.45%	13.38%	80.26%	3.69%
70	3.44%	0.29%	16.99%	75.36%	3.91%

陸、 討論

一、 浮石與沉積環境關係之探討

(一) 神祕海岸在金山岬出露的地層是屬於沉積岩的五指山層，而浮石是一種火成岩，所以神祕海岸的浮石不可能是神祕海岸當地自生的。

(二) 另外，我們發現沉積的表土層和五指山層的砂岩有明顯交界帶，加上上述的原因，我們推斷浮石的沉積年代和五指山層不同。浮石應該是五指山層形成後，再由某些特殊事件所帶來的。最可能的搬運營力為水，也有可能是來自大屯火山噴發物。

二、 浮石的可能來源

(一) 和臺灣、日本、菲律賓的浮石化學組成比較（參見圖 6-1, 6-2, 6-3, 6-4）

1. 我們測的六個樣品在 Fe_2O_3 的含量較文獻中的其他地區來的高，相對的，在 SiO_2 含量方面則較低，這個特性和在台灣東部三仙台以及東北部鹽寮發現的浮石一樣。
2. 經過比對樣品 3 號和樣品 4 號的化學組成及顏色後，我們可以推斷金山神祕海岸的浮石和臺灣鹽寮以及菲律賓皮納圖火山的浮石一樣，大致可分成兩種類型：灰色浮石和白色浮石。

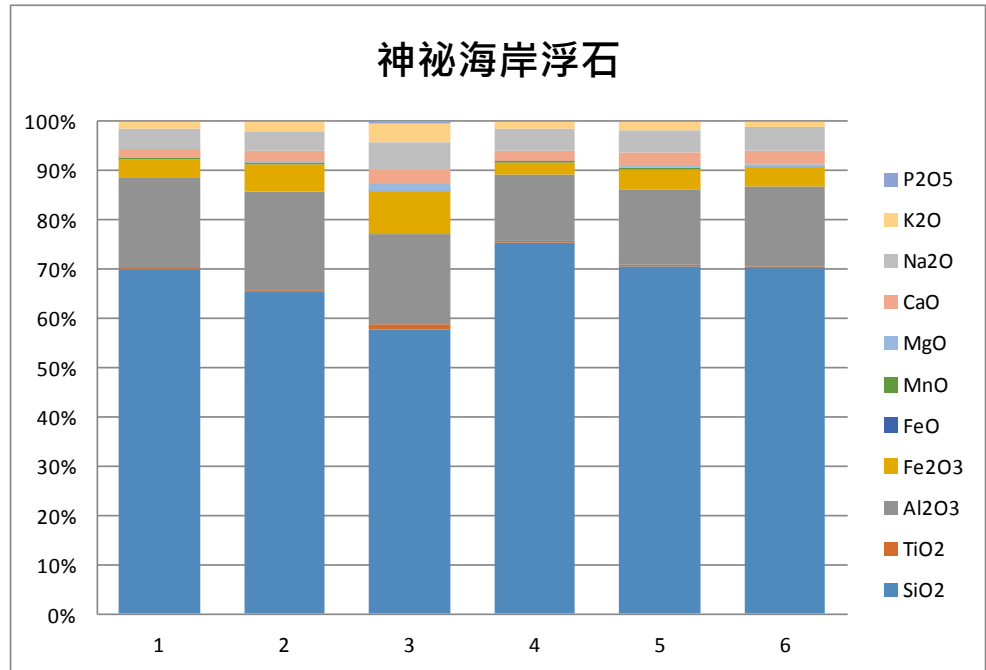


圖 6-1 神祕海岸浮石化學組成百分比圖

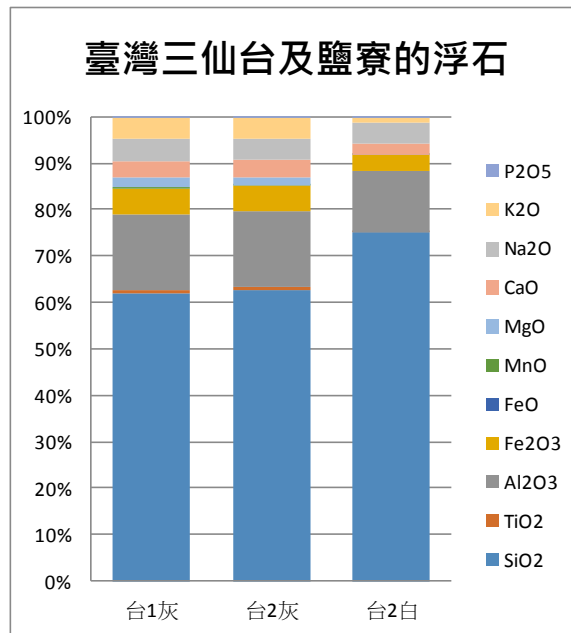


圖 6-2 臺灣三仙台及鹽寮的浮石化學組成百分比圖

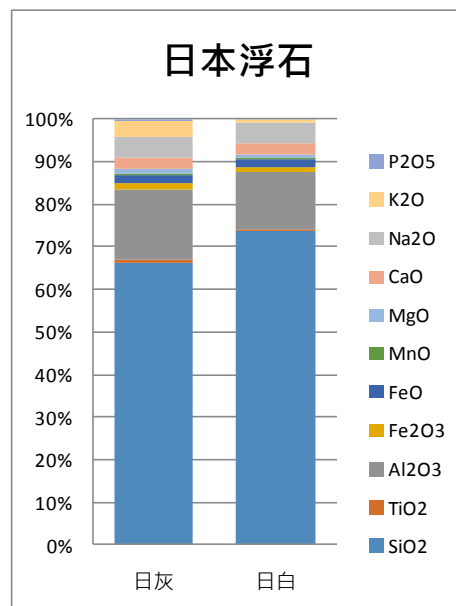


圖 6-3 日本浮石化學組成百分比圖

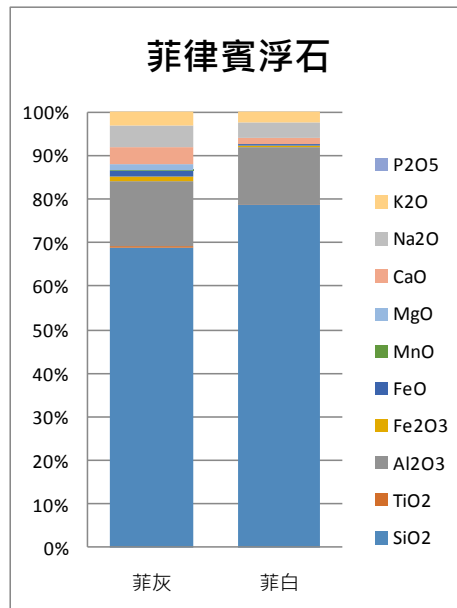


圖 6-4 菲律賓浮石化學組成百分比圖

(二) 浮石與台灣北部岩漿活動的探討

1. 岩漿分異作用

儘管神祕海岸的浮石樣品化學組成和大屯火山群有所差異，但根據岩漿分異作用，在同一個岩漿來源中所形成的火成岩，不論一般火成岩或是浮石，不同化學組成間有相互影響的關係。若將兩種物質相互比較，若兩地的岩石化學組成分佈在同一條趨勢線上，兩地岩石就能大致判定為來自相同的岩漿來源。

- 以 $MgO + Fe_2O_3$ 和 Fe_2O_3 為橫坐標和縱坐標作圖，可發現神祕海岸的浮石(圖 6-5 中的紅色點)、臺灣三仙台及鹽寮地區的浮石(圖 6-5 中的藍色點)、大屯火山(圖 6-5 中的粉紅色點)及觀音山火成岩(圖 6-5 中的紫色點)的 $MgO + Fe_2O_3$ 和 Fe_2O_3 含量，呈現帶狀關係，大致分布在同一條趨勢線上，推測是來自相同的岩漿系統。但日本伊豆 - 小笠原海底火山(圖 6-5 中的黃色點)、阿蘇火山的浮石(圖 6-5 中的橘色點)和菲律賓皮納圖火山的浮石(圖 6-5 中的綠色點)所位在的趨勢線之斜率和其他地區不同，因此可以推測其和神祕海岸的浮石較無關係。

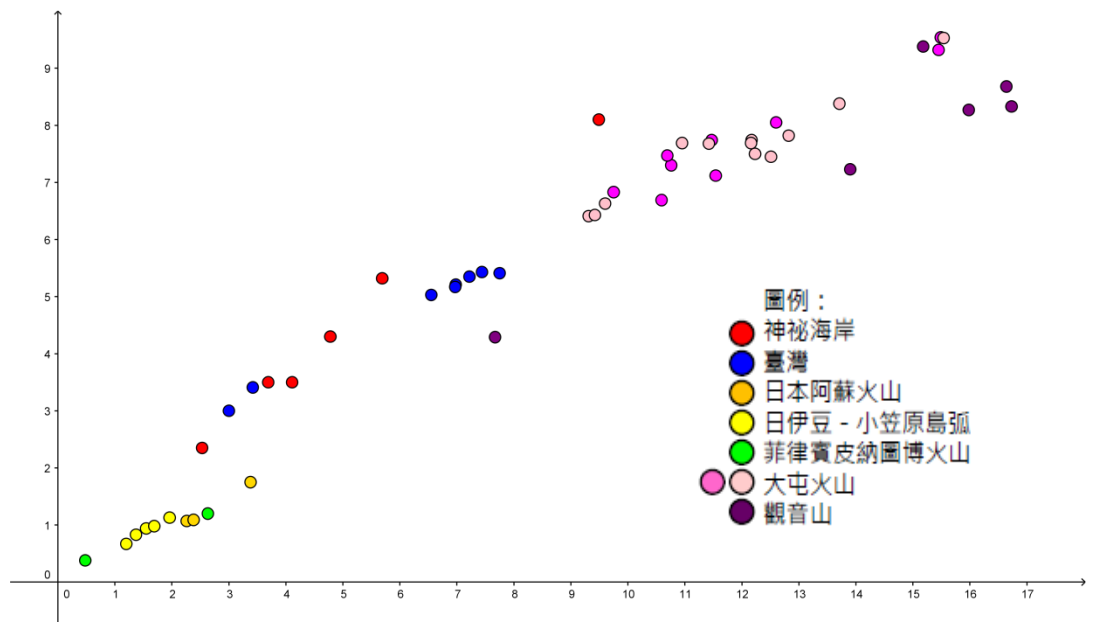


圖 6-5 以 $MgO+Fe_2O_3$ (wt%) 為橫坐標， Fe_2O_3 (wt%) 為縱坐標所繪製的散佈圖

三、 浮石的可能搬運方式

- (一) 浮石可能的搬運方式可以分成直接沉降和水力，其中水力又能分為河流、海流、海嘯三種。
- (二) 若搬運的力道十分強大，如海嘯，則沉積物粒徑大小的分佈會較不平均，反之，則分佈較平均。因此，可以借由沉積物粒徑大小的分佈來判斷可能的搬運方式。
- (三) 對於此地浮石以何種搬運方式而沈積下來的部分，在比較不同高度的表土層沉積物粒徑大小（圖 6-6）後，發現含有浮石的 35 至 45 吋處（圖 6-6 中紅色線的部分），粒徑大小相對於上下層較平均，因此提高了海嘯搬運而來的可能性。

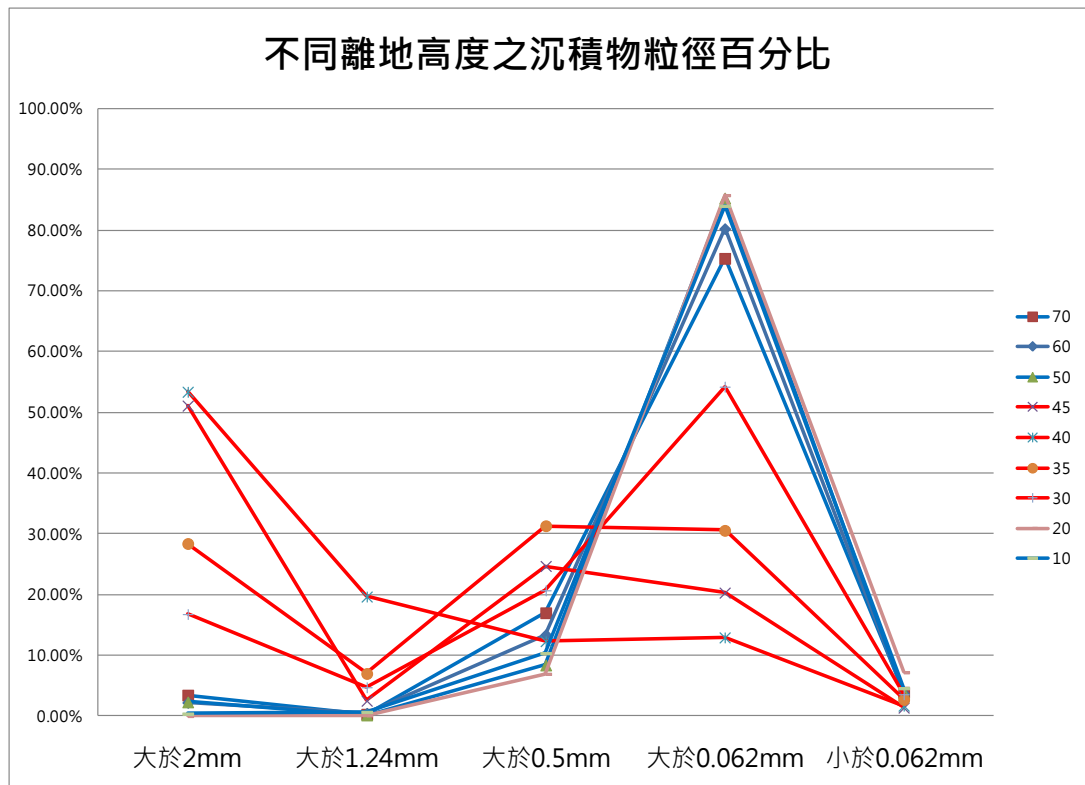


圖 6-6 不同高度之表土層沉積物粒徑大小百分比圖

柒、 結論

- 一、 神祕海岸位在的金山岬屬於沉積岩地層，不可能會產生屬於火山岩的浮石，因此當地的浮石肯定是來自其他地方。
- 二、 將神祕海岸浮石的化學組成和文獻中的資料比較，可以發現我們檢測的六顆浮石普遍在 Fe_2CO_3 的含量較高，這點跟文獻中臺灣的浮石較類似。但由於我們的檢測物以及文獻中的資料都是浮石，化學組成並不會相差非常大。因此，我們無法單從 XRF 化學組成的各氧化物含量百分比的結果中，推測出神祕海岸的浮石的來源。
- 三、 將大屯火山群的火成岩資料加入考量，並以 $\text{MgO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ (wt%) 為為橫坐標， Fe_2O_3 (wt%) 為縱坐標繪製散佈圖。我們可以發現神祕海岸的浮石以及臺灣的浮石和其大約分佈在同一條趨勢線上，三者可能有相同的岩漿來源。
- 四、 比較不同高度的表土層沉積物，我們發現含有浮石的區域，粒徑大小分佈較平均。由此可以降低浮石由河流、海流帶來和直接沉降的可能，同時也增加了海嘯堆積的可能性。

捌、 參考資料及其他

一、 書籍期刊

(一) 中文部分

1. 黃鑑水、余炳盛、曹恕中 (2008)·台灣地質旅遊·臺北市：科技圖書。
2. 何春蓀 (2006)·臺灣地質概論：臺灣地質圖說明書 (2 版)·臺北縣中和市：經濟部中央地質調查所。
3. 陳柏村 (2015)·神祕海岸—北海岸地質探索 非讚不可的地質景點·地質，34 (1)，58-59。
4. 林毓潔、宋聖榮、陳中華 (2015 年 11 月)·大屯火山群土壤中石英的來源·科學發展，515，30-36。
5. 臺北縣金山鄉公所 (2010)·金山鄉志 地理篇·臺北縣：林俊全。
6. 鄭世楠 (2014)·由歷史文獻探討 1867 年基隆地震與海嘯的災害·地質，33 (3)，38-39。

二、 網路資源

(一) 中文部分

1. 台灣西部中新世的火山活動 (2015 年 10 月 14 日)·取自
[http://digimuse.nmns.edu.tw/Default.aspx?tabid=369&ObjectId=0b00000181da549d&Domin=g&Field=ri&ContentType=Exhibit&Language=CHI&FieldNam
e=](http://digimuse.nmns.edu.tw/Default.aspx?tabid=369&ObjectId=0b00000181da549d&Domin=g&Field=ri&ContentType=Exhibit&Language=CHI&FieldName=)
2. 公館凝灰岩 (2015 年 10 月 14 日)·取自
[http://digimuse.nmns.edu.tw/Default.aspx?tabid=369&ObjectId=0b00000181da
54a1&Domin=g&Field=ri&ContentType=Exhibit&Language=CHI&FieldNam
e=](http://digimuse.nmns.edu.tw/Default.aspx?tabid=369&ObjectId=0b00000181da54a1&Domin=g&Field=ri&ContentType=Exhibit&Language=CHI&FieldNam)
3. 北部火山區 (2015 年 11 月 19 日)·取自
<http://geo3w.ncue.edu.tw/bsrapage/geoscience/geology/vg02.htm>

4. 陳中華 (2015 年 11 月 19 日) · 台灣與日本之間的「火熱紅線」—琉球火山島弧鏈上的火山群 · 取自
http://scimonth.blogspot.tw/2010/09/blog-post_18.html
5. 莊文星、陳汝勤 (2015 年 12 月 6 日) · 北臺灣火山地形多樣性之探討 · 取自 <http://digimuse.nmns.edu.tw/taiwanlandform/north/page15.html>
6. 游能悌、顏君毅、林佩禎 (2016 年 1 月 8 日) · 狂潮何時再起：金山 - 基隆海嘯多久發生一次？ · 取自
<http://gst.org.tw/1747/%E7%8B%82%E6%BD%AE%E4%BD%95%E6%99%82%E5%86%8D%E8%B5%B7%EF%BC%9A%E9%87%91%E5%B1%B1-%E5%9F%BA%E9%9A%86%E6%B5%B7%E5%98%AF%E5%A4%9A%E4%B9%85%E7%99%BC%E7%94%9F%E4%B8%80%E6%AC%A1%EF%BC%9F>

(二) 英文部分

1. Song S. R., Chia-Mei Liu, Chen Chang-Hwa, Wei Lo. (2004). Pumice layers in marine terraces: implications for tectonic uplift rates on the east and northeast coasts of Taiwan. *Quaternary International*, 115-116, 83-92. (SCI). Retrieved December 7, 2015, from
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618203000983>
2. Richard S. Fiske, Jiro Naka, Kokichi Iizasa, Makoto Yuasa, Adam Klaus. (2011, July) .Submarine silicic caldera at the front of the Izu-Bonin arc, Japan: Voluminous seafloor eruptions of rhyolite pumice. *Geological Society of America Bulletin*, v. 113, no. 7, 825-836. Retrieved December 28, 2015, from
<http://gsabulletin.gsapubs.org/content/113/7/813.full.pdf+html>
3. Peter W. Lipman. (1976, August 7) . Mineral and Chemical Variations within an Ash-flow Sheet from Aso Caldera, Southwestern Japan. *Contr. Mineral and Petrol*, 16, 300-327. Retrieved December 28, 2015, from
<http://link.springer.com/article/10.1007/BF00371528>

4. Margherita Polacci, Paolo Papale, Mauro Rosi. (2001, February 17) . Textural heterogeneities in pumices from the climactic eruption of Mount Pinatubo, 15 June 1991, and implications for magma ascent dynamics. *Bulletin of Volcanology*, 63 (2) , 83-97. Retrieved December 28, 2015, from <http://link.springer.com/article/10.1007/s004450000123>
5. A. Imai, E. L. Listanco, T. Fujii. (1993, August) . Petrologic and sulfur isotopic significance of highly oxidized and sulfur-rich magma of Mt. Pinatubo, Philippines. *GEOLOGY*, 21, 699-702. Retrieved December 28, 2015, from <http://geology.gsapubs.org/content/21/8/699.full.pdf+html>
6. Noboru Obal, Katsutoshi Tomital, Masahiko Yamamotol, Mohamad Istidjab, M. Badruddin, Adjat Sudradjat, Totong Suhandu, Seiichi Kiyosakil, Toshihiko Ishiil, Junko Nakamural, Tetsuya Inomel (1983, July 13) . GEOCHEMICAL COMPARISON OF THE 1883 KRAKATAU PUMICE FLOW, INDONESIA, AND THE ATA AND AIRA HSHIRASU" PUMICE FLOWS, JAPAN. *Rep. Fac. Sci., Kagoshima Univ. (Earth Sci. & Biol.)*, 16, 43-54. Retrieved December 28, 2015, from <http://ir.kagoshima-u.ac.jp/handle/10232/5939>
7. Yongjae Yu, David J. Dunlop, Oë zden Oë zdemir, Hiromoto Ueno. (2001, July 26) . Magnetic properties of Kurokami pumices from Mt. Sakurajima, Japan. *Earth and Planetary Science Letters*, 192, 439-446. Retrieved December 7, 2015, from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012821X01004642>
8. Neng-Ti Yu, Jiun-Yee Yen, Wen-Shan Chen, I-Chin Yen, Jin-Hsing Liu. (2015, March 26) Geological records of western Pacific tsunamis in northern Taiwan: AD 1867 and earlier event deposits. *Marine Geology*, 372, 1-16. Retrieved March 9, 2016, from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025322715300694>

9. Randy L. Korotev. Chemical Composition of Meteorites. Retrieved April 12, 2016, from <http://meteorites.wustl.edu/metcomp/mgfe.htm>

【評語】 051908

此作品藉由文獻閱讀、完整考察採樣、化學分析等方式瞭解浮石的沉積環境、化學組成與形成機制，並依照化學成分特性對比日本和菲律賓浮石，結果發現其組成與大屯火山或觀音山噴發物較相近，並推論可能係由海嘯搬運堆積而成，報告全文架構完整，論理清楚，情節可比擬推理片“柯南”，表現清晰科學推理符合地球科學，獲全體評審老師一致推薦。