

火成岩結晶大小的測試研究

國中組地球科學科第二名

台北市立金華國民中學

作 者：朱永宜、鄭雅如
劉正格、李佳純
指導教師：鍾明樟、楊莉莉

一、研究動機

世界上最壯觀迷人的景觀莫過於火山之噴發，其噴發時，岩漿冷凝後形成的岩石有玄武岩、安山岩、流紋岩等，其噴發出的產物有火山灰、火山彈、火山玻離（黑曜岩），而岩漿在較深層固結而成的岩石稱為深成岩，如花崗岩、橄欖岩等、經由一連串的地科課程、火山影片之觀賞，以及實驗課程中火成岩礦石標本之分類辨認，使我們更深愛我們這個深具動態之活生生的地球，其中沉積岩較具層理及砂粒性（為火成岩與變質岩風化之產物）而火成岩其結晶顆粒大小與形式更是迷人，使我們賞玩好奇不已，更激起能深入研究火成岩結晶大小變因的一連串科學活動。

二、研究目的

- (一)能從現成之火成岩礦物依各種性質大小分類比較。
- (二)應用偏光探討並統計分析火成岩礦物薄片中主要礦物結晶粒度大小。
- (三)測試模擬岩漿的材料。
- (四)模擬火成岩結晶的實驗測試。
- (五)探討比較模擬岩漿成品與實際火成岩樣品。

三、研究器材設備

火成岩礦物、模擬岩漿物質（萘、冰醋酸、酚、硫……）、偏光

投影機（CK-130）、Nikon F 801相機、礦物薄片拍攝裝置、可控溫烤箱（室溫～200°C）、恒溫槽（室溫～130°C）、整流器、線圈、各類試管、燒杯、燒瓶、大小培養皿、可變電阻。

四、實驗

測試一

(一)研究目的：為了解火成岩的基本物理性質、岩理作分類比較。

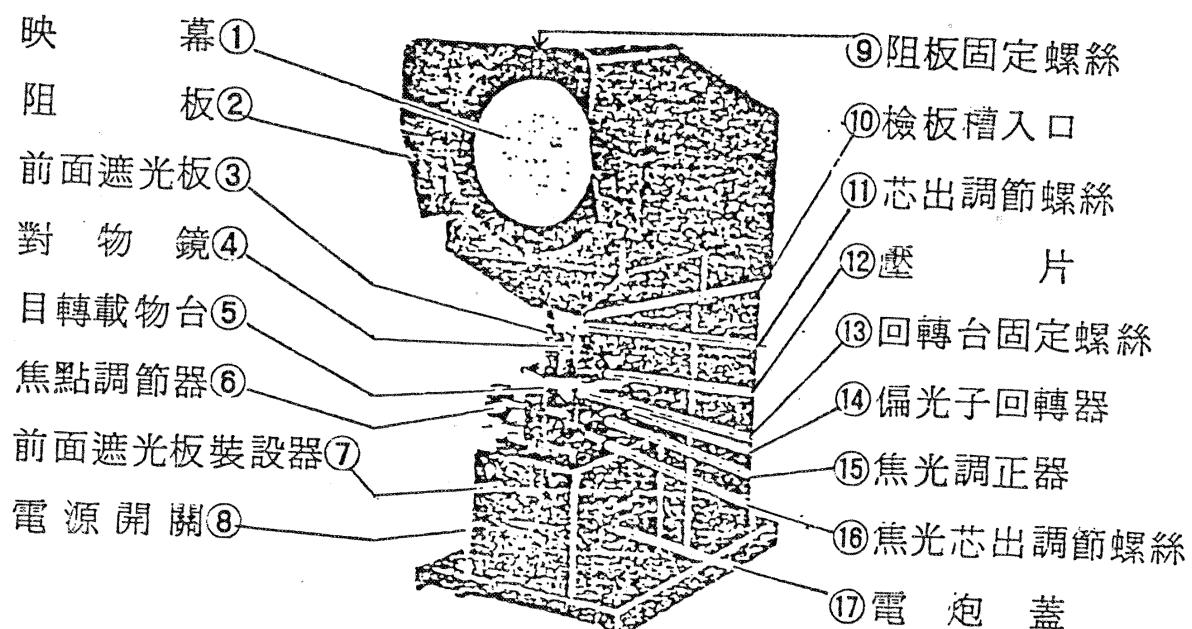
(二)研究結果：(詳見表一)

測試二

(一)研究目的：應用火成岩之礦物薄片，採偏光攝得之相片，作同一種化學成份之火成岩粒度大、小的統計分析。

(二)研究器材：
①火成岩礦物薄片
②偏光投影機（CK-130）（放大倍率25倍）
③Nikon 801相機
④ASA 400柯達軟片
⑤濾光鏡
⑥三腳架
⑦翻拍 rocks and their textures (W. S. Msckenzie, C. H. Donaldson and C. Gnilford) 的火成岩礦物薄片相片
⑧卡西歐（caiso）工程用電子計算機。

偏光投影機（CK-130）簡介



表一 測試一研究結果

	花 岗 岩			黑 曜 岩	玄 武 岩
重 量 (g)	A 135	B 335	C 317	354	417
體 積 (cm)	63	125	117	90	125
密度 (g / cm)	2.49	2.68	2.71	2.93	3.336
岩 理	顯晶狀		玻璃狀斷口	斑晶狀	
含礦物種類	正長石、斜長石、石英、黑雲母、白雲母		長石、石英含量高之非晶質	橄欖石 輝石 斜長石	
顏 色	黃、黑、白、灰四色相間		黑色	灰黑色	
產 地	A 金 門	B 瑞 典	C Losangles	澎湖群島	
二氧化矽含量	酸性 $\text{SiO}_2 > 66\%$		酸性 $\text{SiO}_2 > 66\%$	基性 $52\% > \text{SiO}_2 > 45\%$	

安山岩	閃長岩	輝長岩	橄欖岩
433	376	377	439
137	100	120	123
3.16	3.76	3.14	3.57
角閃石斑晶 斜長石	顯晶狀	顯晶狀	顯晶狀
斜長石 石英、黑雲母 角閃石	斜長石、石英 黑雲母 角閃石	斜長石 輝石、橄欖石 角閃石	橄欖石 輝石
灰中帶紅、綠 、白三色小點	灰、白、黑三 色呈點狀況分 布	黑色間偶有白 色出現	墨綠色近似黑 色
台北陽明山 大屯山	台東縣關山	台東縣嘉武溪	台東縣關山
中性 $66\% > \text{SiO}_2 > 52\%$	中性 $66\% > \text{SiO}_2 > 52\%$	基性 $52\% > \text{SiO}_2 > 45\%$	超基性 $\text{SiO}_2 < 45\%$

(三)研究步驟：

- (1)回轉偏光子回轉板⑭在右側看到「二」位置，以及 NIKOL 在「+」的位置。
- (2)應用偏光投影機測試火成岩礦物薄片中長石長軸之大小、記錄並求平均值 \bar{l} 及標準偏差 σ_n 。
- (3)將 NIKON F801 裝好 ASA 400 軟片後固定於三角架上，調好光圈及距離拍攝偏光相片（平行及垂直偏光各拍壹張）。
- (4)為免相片偏藍，可加裝濾光片 B₁。
- (5)將攝得或翻拍之同一種酸性火成岩（如黑曜岩、流紋岩、花崗岩）作粒度大小的統計分析。其他中性、基性火成岩薄片也作同樣的拍攝及粒度分析。

(四)研究結果：(詳見表二)

- (五)討論：當我們進一步研討粒度大小時，可以明顯地發現深成岩—花崗岩比火山岩—玻璃、玄武岩等大了兩倍有餘，並且顆粒的形狀也有很大的不同，「環境會改變一個人」，那麼，石頭是否也會因「生長」環境不同而產生不同的樣子呢？我們設計了許多實驗。

測試三～1

(一)研究目的：選擇適合做為模擬火成岩之物質為研究材料。

(二)研究器材、(三)研究步驟(略)。

(四)研究結果：(詳見表三)

(五)討論：

在這一個實驗中，知道那些物質可作為模擬火山的熔岩漿如萘、硫粉、碘、冰、冰醋酸、酚皆可做。

註① 因實驗室中達不到太高溫，所以找書參考。

表二 測試二研究結果

偏光圖片 PPL (平行偏光)					
岩石名	花崗岩(美國)	複合球體狀況之流紋岩	流紋岩(蘇格蘭)	玄武岩(月球)	玻璃岩(蘇格蘭)
礦物組織	石英、長石	球狀包含斜長石和黑雲母其它周圍為玻璃質	酸性火山岩含似晶質，鹼性長石具細密紋理與玻璃質地(缺石英)	玻璃質玄武岩輝石(淺褐)	結晶子(長石或石英)為玻璃質所環繞，褐色為球的核結晶。
放倍大數	14	12	7	43	12
長軸平均 (mm)	$15.43 \div (14 \times 1.16) = 1.102$	$8.27 \div (12 \times 1.16) = 0.594$	$1.86 \div (7 \times 1.16) = 0.22$	$8.25 \div (43 \times 1.16) = 0.165$	$1.29 \div (12 \times 1.16) = 0.093$
標準差 mm	0.0595	0.035	0.0172	0.038	0.67
圖片與比較	①原圖片為 $11\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ ，實驗拍成 4×6 彩色相片，故放大倍數 M 為原來放大倍數乘以後來改變為相片的放大倍數 N，即 $M \times N$ ②統計上採工程用電子計算機 $\bar{\ell}$ (長軸平均) = $\frac{\sum_{i=1}^n \ell_i}{n} = \frac{\sum \ell}{n}$ σ_n (標準偏差) = $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ell_i - \bar{\ell})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum \ell^2 - (\sum \ell)^2/n}{n}}$				

表三 測試三～1 測試結果

編號	測試物質	可熔(√) 不可熔(✗)	熔點(m p)	沸點(B p)
A	萘 ($C_{10}H_8$)	√	78 °C	204 °C
B	硫酸銅晶體 ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)	✗	621 °C ①	
C	高錳酸鉀晶體	✗	分解 < 240 °C	無
D	硫粉 (S)	√	96 °C	447 °C ①
E	碘 (I_2)	√	114 °C	184 °C
F	砂糖 ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	√	30 °C	
G	紅糖	√	41 °C	
H	澱粉 (Starch)	✗		
I	豬油	√	22 °C ~ 50 °C	無
J	冰 (H_2O)	√	0 °C	100 °C
K	冰醋酸	√	16.7	117 ~ 118
L	起士 (CHEESE)	√		無
M	洋菜	✗	無	無
N	石花菜	✗	無	無
O	酚 (C_6H_5OH)	√	42.5 ~ 43	182.5

冷卻後的情形	岩漿考慮材料可(√)否(✗)	受熱情況
結晶成○晶體 (類似白雲母)	√	$C_{10}H_{8(s)} \xrightarrow{\triangle} C_{10}H_{8(l)}$
白色粉末	✗	$CuSO_4 \cdot 5H_2O \xrightarrow{\triangle} CuSO_{4(s)} + 5H_2O$ 藍→白
	✗	$KMnO_4 \cdot 7H_2O \xrightarrow{\triangle} KMnO_{4(s)} + 2H_2O + 5H_2O$ 紫紅→藍
結晶成針狀	√	
紫黑色細小顆粒	√	$I_{2(s)} \rightarrow I_{2(g)}$ 紫黑色片狀晶體→紫
黑 碳	✗	$C_{12}H_{22}O_{11(s)} \rightarrow 12C + 11H_2O$
黑 碳	✗	同上
無結晶	✗	$(C_6H_{10}O_5)_n \xrightarrow{\triangle} 6nC + 5nH_2O$ 受熱後水分跑掉呈黑色炭末
未能成晶體	✗	
冰	√	$H_2O_{(s)} \xrightarrow{\triangle} H_2O_{(l)}$ 冰→水
結 晶	√	
硬塊無結晶	✗	
凝固無結晶	✗	都燒成灰燼(黑)
凝固無結晶	✗	同上
溶於水，白色晶體	√	熔點下 30 °C 成針狀結晶

測試三～2

(一)研究目的：為探討適合作為岩漿測試材料作不同控溫下冷卻快慢之研究。

控制變因：容器相同、份量相同等。

(二)研究步驟：將各種試料熔至液狀，在不同控溫下待其結晶。

(三)研究結果：

測試編號		1	2	3	4
基 本 性 質	物 質	萘 丸	酚	冰 醋 酸	冰
	分子式	$C_{10}H_8$	C_6H_5OH	CH_3COOH	H_2O
	分子量	128	94	46	18
	熔 點	78 °C	42.5 °C	16.7 °C	0 °C
操 縱 變 因 (溫 度)	t_1	60 °C	30 °C	10 °C	0 °C
		$\bar{l} = 1.5\text{ cm}$ ◇狀結晶	$\bar{l} = 4\text{ cm}$ 針狀結晶	顆粒較粗	
	t_2	40 °C	18 °C	5 °C (置冰箱下層)	- 10 °C
		$\bar{l} = 1.39\text{ m}$ ◇狀結晶	$\bar{l} = 3\text{ cm}$ 針狀結晶	顆粒細	
	t_3	18 °C	0 °C	0 °C	- 20 °C
		$\bar{l} = 0.82$ ◇狀結晶	顆粒極細	顆粒極細	

四)討論：

萘呈正六邊形的結晶、酚結晶成針狀、冰醋酸呈粒狀，但未有控制零下至20 °C之冰櫃，所以沒有觀察冰的結晶狀況，而且在結晶很難保存，所以不以冰來做測試的材料。其中還是萘的結晶最明顯，實驗較易控制，故地球科學課本採萘為主要測試物質是很有道理的。

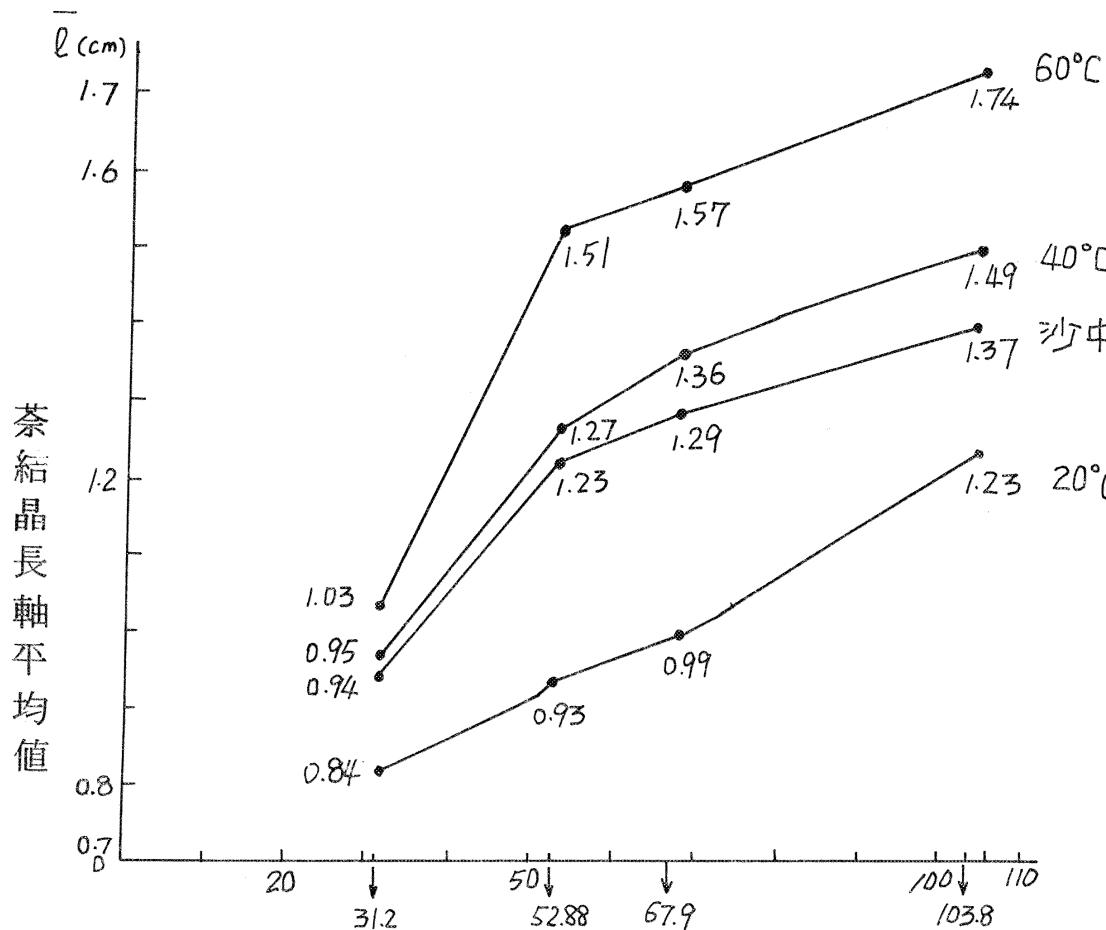
註：因為我們不能使碘單獨生成結晶，故在此不做實驗與比較。

測試四～1

(一)研究目的：探討溫度（冷卻速度的快慢）及容器截面積的大小對萘液結晶大小的影響。

(二)研究方法：將萘液分別置入大小及溫度不同之培養皿六小時後觀察記錄。

(三) 圖形分析：



(四)結論：(1)溫度愈高，冷卻愈慢，凝結晶愈大。

容器底面積(cm²)

(2)在同一溫度下，容器截面積愈大，萘液結晶長軸平均值越大。

測試四～2 薜液薄片的測試

(一)研究目的：應用萘液製成薄片，拍攝成偏光相片了解結晶形狀大小及物理性質。

(二)研究器材：方型玻片、鎔玻璃、滴管、烤箱、偏光投影機、F801

相機。

(三)研究步驟：(1)將熔融的萘液以滴管滴入已置入60°C烤箱之方型玻片中。

(2)迅速蓋上鋐玻璃，以保鮮膜封住置烤箱內烘烤，俟第二天取出。

(3)應用偏光投影機(CK-130)及相機F801拍攝萘液薄片之偏光相片。

(四)研究結果：實驗成功，萘在高溫結晶大於低溫之結晶，偏光下頗似花崗岩晶片。

測試五

(一)研究目的：探討比較模擬岩漿與實際火成岩樣品。

(二)研究器材：綜合上述測試三的器材及曲頸瓶、鐵架等。

(三)研究方法：參考地科文獻及本組同學作成模擬火山成品和實際火成岩作成圖表。

(四)研究結果：詳見表四。

五、結論

(1)應用模擬岩漿的實驗測試(再經由統計分析)，發現影響萘、冰醋酸、酚等物質結晶的大小與熔液冷卻的快慢有關，放置於越高溫及熔液冷卻得越慢，結晶之顆粒(萘晶體為平面的六角形類似白雲母，酚為針狀)就越大。

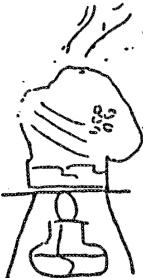
(2)模擬岩漿之測試中與玻璃接觸者其結晶較小似玻璃質火山岩，容器中央結晶較大類似深成岩。

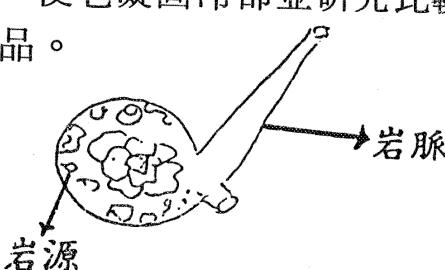
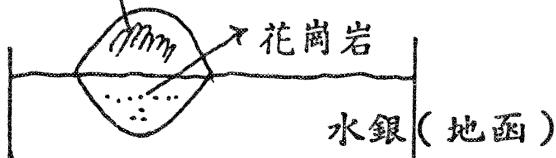
(3)萘液高低不同情況下，越高者同一高度之下部越緊密，可見重力的影響。

(4)以相同大小的培養皿作實驗，萘液越薄結晶較小，係因玻片接觸之影響越大之故。

(5)將加熱之模擬岩漿置入容器再埋入沙中冷卻結晶之實驗與置於室溫

表四 測試五火山岩和深成岩之區別

模擬測試火山岩	火山岩
<p>1. 2.</p>  <p>成分： 萘丸、碳酸氫鈉、紅糖。 1. 類似多孔火山岩，體積逐漸脹大，加熱時同時會產生火山灰。</p> <p>3. 當萘 ($C_{10}H_8$) (ℓ) 時急速在 0°C 中冷卻或在室溫下的玻璃冷卻皆會產生玻璃狀組織。</p> <p>4. ① 鋅粉和氯化亞鐵（或硫酸亞鐵）和熔融之萘液充分混合時會產生類似的斑晶組織。 ② 碘和萘液充分加熱冷卻，也會產生類似斑晶組織。</p>	<p>1. 岩體上層尤富含氣孔，成浮石狀或杏仁狀。 2. 流紋構造或繩狀構造。 3. 玻璃質組織。 4. 當有斑晶組織。</p> <p>其斑晶為深成岩中之結晶，因岩漿之突然噴發而被攜帶至離地表較近的火山岩漿中，當火山岩漿急速冷卻，故在玻璃質和流紋質的火山岩中，會有斑晶組織。</p>

深成岩	模擬測試深成岩
<p>1.無氣孔、無杏仁狀構造。</p> <p>2.罕見流紋構造。</p> <p>3.僅於薄層岩體或近圍岩接觸部分，或可發現玻璃質，否則全為結晶質。</p> <p>4.多為均勻粗粒組織。</p> <p>5.在地殼中的花崗岩是屬於深成岩，為何在地表出現？因此我們做此實驗討論之。</p>	<p>1. 2. 3.</p> <p>將萘液置60°C中冷卻凝固發現有深成岩的特徵。將萘液置入曲頸瓶中分別放在室溫下及60°C的烤箱，使它凝固冷卻並研究比較其成品。</p>  <p>曲頸瓶的裝置很類似火山岩和岩源，中央結晶較四周大，岩脈因冰冷的玻璃壁使其類似玻璃狀。</p> <p>4. 岩漿源中粗粒的結晶類似花崗岩</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 沉積岩  <p>方法：</p> <p>1. 將花崗岩上覆沉積岩置入水銀槽內。</p> $W_{\text{沉}} + W_{\text{花}} = B_{\text{浮}} = V' \times D$ <p>$W_{\text{沉}}$ 沉積岩重 $W_{\text{花}}$ 花崗岩重 V' 為花崗岩沒入水銀（地函）中之體積</p> $W'_{\text{沉}} + W_{\text{花}} = V'' \times D$ <p>（取去部份沉積岩則V'' 變小，花崗岩就會部份露出地表。）</p>

中之情況相似，但冷卻較慢，故結成顆粒稍粗。總之在高溫的結晶
顆粒比低溫時結晶顆粒大。

- (6)所有模擬岩漿之實驗冷卻溫度必須控制在熔點下，否則不可能結晶
，並且冷卻時間愈長結晶愈大。
- (7)在萘中加入雜質，其結晶形狀會因混合物質之化合形態而改變，且
與加入份量多寡有關（如萘加硫之實驗測試）。加入其他物質份量
越多者隨物質影響越大，總之雜質會破壞物質之結晶面。
- (8)萘溶液結晶情況有如岩漿末期物質之結晶，雖並非屬火成岩特性，
但溶液結晶所形成之顆粒大小卻與冷卻速度有關，然而必須配合降
溫（壓力一定時）情況，如濃度大小、結晶子多少等。因此即使保
持溫度高（40°C）讓其冷卻，速度慢也不一定形成大的結晶顆粒。
能否形成大的結晶顆粒與溶液之純度，以及是否飽和，蒸散溶劑快
慢等有關。
- (9)影響火成岩結晶大小的變因最重要為礦物晶體生長時冷卻速度快慢
，其次，與礦物中化學物質之種類，所受壓力的大小及磁力等有關。
- (10)採用化學成份一樣之酸性火成岩從事火成岩結晶大小比較，亦即應
用礦物薄片統計分析其粒度大小加以比較，得黑曜岩（玻璃質）<
流紋岩<花崗岩。
- (11)萘加熱，部份為氣態，頗似長翅膀之萘氣，使實驗者吸入，傷害呼
吸系統。故可將恒溫槽熔化裝置。
- (12)岩漿模擬試驗中以烤箱控制溫度之效果，遠佳於以恒溫槽控溫。
- (13)若依課本上以試管裝萘作模擬岩漿之實驗，其結晶大小不易測出。
改用培養皿作成薄餅狀，尚稱較易估計結晶大小。以萘液薄膜偏光
測試可直接由偏光投影機上直接測得 ℓ ，及求得 $\bar{\ell}$ 及 σ_n 。
- (14)將培養皿下面結晶體擬如礦物般地切成薄片，但因萘在下面的結晶
均膠結住，一切就碎，故採用測量法計算結晶長軸大小。
- (15)由(3)~(9)模擬岩漿的結論可以得知，火成岩生成的環境因溫度、空
間、本身成份及磁力、壓力的不同，會造成結晶大小、樣式、顏色
等相異之處。

比較：

結晶情況 變因 環 境	溫度	空間	可結晶物質的多少	化學成份	磁力	壓力
大(高，多)	大	大	大	不一定	大	不能測出
小(低，少)	小	小	小		小	

六、參考資料

- (1)中山自然科學大辭典（第六冊） 台灣商務印書館
- (2)高中地球科學（第一冊）；國中地球科學（第一冊）
- (3)Atlas of igneous rocks and their textures (Long man Scientific & Technical) John Wiley & Sons. Inc. New York.
- (4)有機化學 (Linstromberg · Banmgarten 著，賀孝雍譯) 曉園
- (5)光復科學圖鑑—化石、岩石。

評 語

作者應答非常流利顯示學生親自動手做實驗與觀察印象十分深刻，從許多物質篩選出萘“確爲”最適宜模擬火成岩結晶的材料，實驗結果發現溫度愈高結晶的顆粒愈大，再由其他條件的改變推測火成岩化學成份控制其結晶式樣等表現科學研究精神。