

現代女媧——岩石圈的模擬

初小組地球科學科第三名

高雄縣烏林國民小學

作 者：劉素娥、徐意喻、胡婉婷、黃嘉君

指導教師：顧錦濤、翁瑞美

一、研究動機

週末團體活動，老師帶我們到校外採集岩石標本，當我們帶著各式各樣石頭回學校比照標本時，發現岩石分為幾大類，不是沈積岩就是變質岩或火成岩，不然就是造岩礦物。我們查閱了些岩石的書籍，發現岩石好比植物的光合作用，是個循環的過程。書上又說：沒有人能看到整個岩石的自然循環，因為一個岩石的製造和分解需要不止千萬年。於是我們向老師提議來模擬岩石的循環，以下是我們整個模擬過程和觀察的結果。

二、研究目的

(一)風化作用部分：

- 1.溫度變化對岩石風化作用的影響。
- 2.水的酸鹼對岩石風化作用的影響。
- 3.機械力對岩石風化作用的影響。

(二)沈積岩的構成：

- 4.水分的多寡對沉積岩形成的影響。
- 5.壓力對沉積岩形成的影響。

(三)火成岩的構成：

- 6.溫度高低對火成岩形成的影響。
- 7.冷卻方式對火成岩形成的影響。

(四)變質岩的構成：

- 8.添加物的種類對沉積岩變質的影響。
- 9.添加物的種類對火成岩變質的影響。
- 10.添加物的多和少對火成岩變質的影響。

三、研究設備

(一)器材部分：本生燈組，防火手套，保護鏡，電子秤，鉛球，磅秤及其他實驗室常用相關器具。

(二)藥材部分：紙粘土，色蠟筆，各式粘膠，粉筆，稀鹽酸，氫氧化納，及其他採集岩石和教具室之岩石礦物標本。

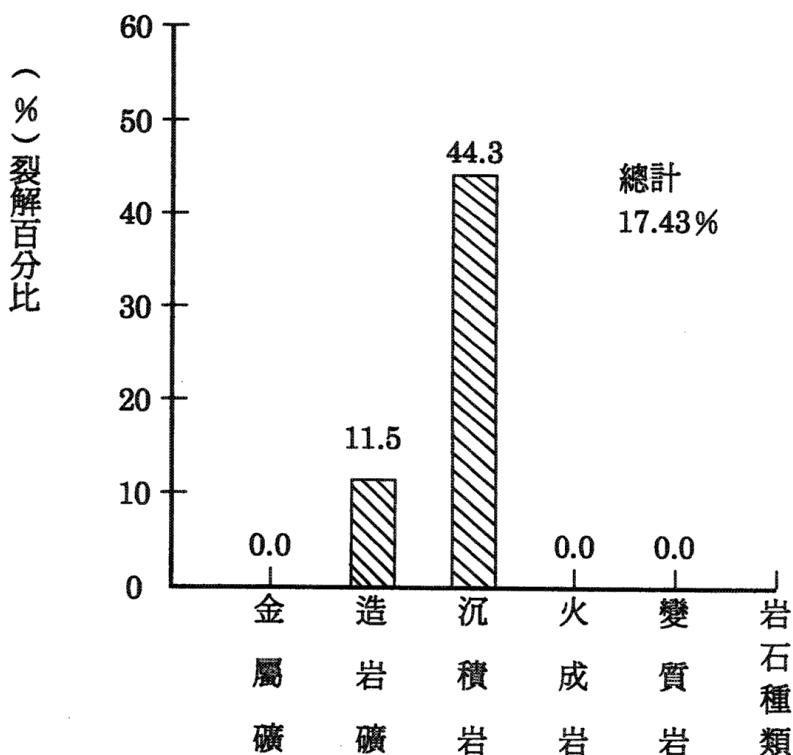
四、研究過程與推論

(一)溫度變化對岩石風化作用的影響

- 步驟：1.搜集岩石對照標本；使用本生燈加熱岩石一分鐘後秤取重量。
- 2.再將岩石加熱二分鐘後丟入水中，使之熱漲冷縮而裂解。
- 3.將未裂解之岩石取出烘乾並記錄重量。
- 4.把步驟1.的重量減步驟3.的重量，就是裂解掉的重量。

結果：

表1-1各類岩石受溫度風化作用的裂解百分比



表一：模擬溫度的變化對各種岩石的風化作用影響表 單位：克

岩石名稱	種類	原重	後重	裂解重	百分比	碎粒形狀
硫鐵鎳礦	金屬礦	8.0	8.0	0.0	0.0%	粒狀多種顏色
沼鐵礦	金屬礦	8.0	8.0	0.0	0.0%	片粒狀紅黑褐
石灰岩	造岩礦	11.0	11.0	0.0	0.0%	片粒狀白色
鱗石英	造岩礦	16.0	8.5	7.5	46.9%	粒狀多種顏色
軟玉	造岩礦	7.5	7.0	0.5	6.7%	粒狀褐黑色
石英	造岩礦	13.0	12.5	0.5	3.8%	粒狀白色
石墨角礫岩	造岩礦	3.0	3.0	0.0	0.0%	片粒狀黑色
角礫岩	沉積岩	1.0	1.0	0.0	0.0%	粒狀多種顏色
黑色矽質頁岩	沉積岩	5.0	0.0	5.0	100.0%	片狀黑色
頁岩	沉積岩	7.0	5.5	1.5	21.4%	片粒狀黑色
砂岩	沉積岩	7.5	7.5	0.0	0.0%	粒狀黑白色
煤礦	沉積岩	3.5	0.0	3.5	100.0%	粒狀黑色
輝綠安山岩	火成岩	6.5	6.5	0.0	0.0%	粒狀多種須色
輝綠岩	火成岩	7.0	7.0	0.0	0.0%	片粒狀黑色
大理石	變質岩	11.0	11.0	0.0	0.0%	粒狀多種顏色
花崗片麻岩	變質岩	0.5	0.5	0.0	0.0%	粒狀黑色

- 推論：1. 從表(一)可看出每種岩石受加熱冷卻的影響程度都不同。
 2. 從附表可看出沉積岩受溫度影響最大。
 3. 實驗中的岩石裂解約17.43%，自然界的溫差較小，所以受溫度變化的裂解百分比應該小於17.43%。

(二)水的酸鹼對岩石風化作用的影響

- 步驟：1. 每種岩石敲成大小相近的三塊，分別加熱秤重是為原重。
 2. 調製水溶液，再將同種三塊岩石分別放入溶液中，不攪動岩石。（水；250公撮含五顆氫氧化鈉溶液；250公撮含五公撮鹽酸）
 3. 一天後取出各瓶中最大岩石加熱烘乾一分鐘後秤重為後重。

結果：

表二：

單位：克

岩石名稱	種類	酸性溶液		中性溶液		鹼性溶液		裂解百分比			顏色
		原重	後重	原重	後重	原重	後重	酸	中	鹼	
石英	造岩礦	47.5	47.5	52.0	52.0	39.5	38.5	0.0	0.0	2.5	多色
沼鐵礦	金屬礦	28.5	28.5	18.0	18.0	62.5	60.5	0.0	0.0	3.2	褐
黃鐵礦	金屬礦	54.0	54.0	56.0	55.5	33.0	33.0	0.0	0.9	0.0	灰褐
黑色矽質頁岩	沉積岩	19.0	18.0	19.5	19.5	19.5	19.5	5.3	0.0	0.0	黑
頁岩	沉積岩	21.5	21.0	14.5	14.0	24.5	23.5	2.3	3.4	4.1	灰黑
砂岩	沉積岩	59.0	59.0	53.0	45.0	54.0	54.0	0.0	15.1	0.0	褐
煤礦	沉積岩	16.0	16.0	20.0	19.5	13.0	13.0	0.0	2.5	0.0	黑
安山岩	火成岩	29.5	19.5	61.5	60.0	41.0	41.0	33.8	2.4	0.0	灰黑
偉晶花崗岩	火成岩	37.0	37.0	54.5	54.0	52.0	45.0	0.0	0.9	13.5	黃白
片麻岩	變質岩	19.0	19.0	35.5	35.5	30.0	30.0	0.0	0.0	0.0	灰白

表二—1：各類岩石受到水的酸鹼影響表

數據為裂解百分比

岩石種類	酸性溶液	中性溶液	鹼性溶液	總計
金屬礦	0.0%	0.5%	1.6%	0.3%
造岩礦	0.0%	0.0%	2.5%	0.8%
沉積岩	1.9%	5.3%	1.0%	2.9%
火成岩	噴出岩16.9%	1.3%	深成岩6.8%	8.3%
變質岩	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
總計	3.76%	1.42%	2.38%	2.54%

推論：1. 從表(二)可看出每種岩石受酸鹼不同水溶液浸泡後，裂解百分比不一，
最大破裂是酸液中的安山岩。

2. 從實驗的岩石討論，酸性溶液較能造成岩石的裂解，其次是鹼性溶液
，最後才是中性溶液。

3. 實驗結果只適合模擬推論用，自然界中水溶液的風化裂解應該低於2.41%。

4. 偉晶花崗岩和安山岩都是火成岩，但一為深成岩一是噴出岩，且對酸鹼反應又不同，所以不能認為是火成岩的特性。

(三) 機械力對岩石風化作用的影響

步驟：1. 搜集各岩石礦物並秤取重量。

2. 拿六磅鉛球放在岩石上方一公尺處，讓鉛球掉在岩石上，找出最大塊岩石為餘重，碎片重量除以原重是為碎解百分比（碎比）。

3. 重覆步驟2. 兩次。

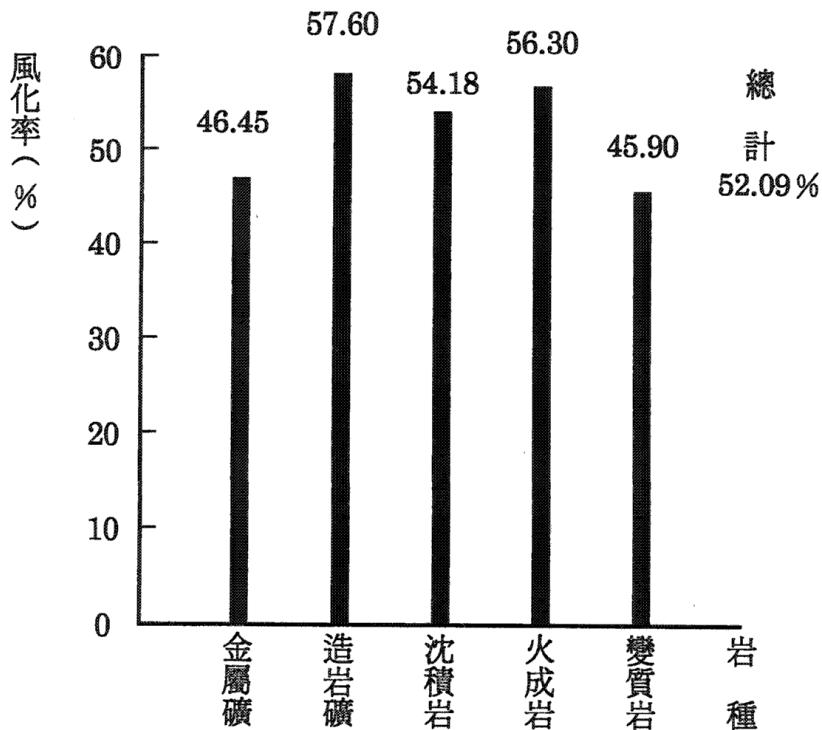
結果：

表三：機械力對各種岩石影響表

餘重單位：克
碎比單位：%

岩石名稱	種類	原重	第一次		第二次		第三次		平均碎解比
			餘重	碎比	餘重	碎比	餘重	碎比	
砂岩	沉積岩	54.0	46.0	14.8	16.5	64.1	11.5	30.3	36.4%
煤礦	沉積岩	9.5	9.5	50.0	2.0	78.9	1.5	25.0	51.3%
頁岩	沉積岩	23.5	18.5	21.3	6.0	69.2	1.0	83.3	57.9%
黑色矽質頁岩	沉積岩	20.0	11.0	45.0	3.5	68.2	0.0	100	71.1%
安山岩	火成岩	54.0	46.5	13.8	23.0	50.5	9.0	60.9	41.7%
花崗岩	火成岩	35.5	19.0	46.5	4.0	78.9	0.5	87.5	70.9%
片麻岩	變質岩	36.0	11.0	69.4	5.5	50.0	4.5	18.2	45.9%
黃鐵礦	金屬礦	46.0	37.0	19.6	24.5	33.8	13.0	46.9	33.4%
沼鐵礦	金屬礦	19.0	12.0	36.8	3.0	75.0	1.0	66.7	59.5%
石英	造岩礦	52.5	27.0	48.6	13.5	50.0	3.5	74.1	57.6%

(表三-1) 各類岩石機械力風化率平均表



推論：在我們模擬的風化作用以機械力的裂解能力最大，但大自然中並沒有故意用鉛球去敲石頭的情形，雨水或水流與石頭間的滾動造成的撞擊，就是屬於我們模擬的機械力。

(四)水分的多寡對沉積岩形成的影響

- 步驟：1.以粉筆灰替代小砂粒，在每個量筒中放進3公克的粉筆灰。
 2.在裝有粉筆灰的量筒中，加入1、2、3、6、9、12克的水，搖動十秒後，靜置等待觀察。
 3.一小時後觀察量筒中的混合狀況、水的高度和粉筆高度。
 4.一天後重覆步驟3的觀察。

結果：

表四：水分的多寡對模擬沉積岩的影響

一小時後						一天以後				
水	粉筆	飽合度	粉高	水高	備註	飽合度	粉高	水高	備註	
1g	3g	未飽合	0.9cm	0.0cm	不堅固	未飽合	0.9cm	0.0cm	不堅固	
2g	3g	未飽合	0.9cm	0.0cm	不堅固	全飽合	0.6cm	0.0cm	堅固	
3g	3g	全飽合	0.9cm	0.4cm	不堅固	全飽合	0.6cm	0.0cm	很堅固	
6g	3g	全飽合	0.8cm	1.0cm	不堅固	全飽合	0.6cm	0.3cm	泥漿狀	
9g	3g	全飽合	0.7cm	1.5cm	不堅固	全飽合	0.6cm	1.5cm	很堅固	
12g	3g	全飽合	0.6cm	1.9cm	很堅固	全飽合	0.6cm	2.0cm	很堅固	

推論：

短時間部分的推論：

- 1.水愈多粉筆灰凝結愈穩固，高度愈小。
- 2.三克水能使三克粉筆灰凝結成塊。

長時間部分的推論：

- 3.要使三克粉筆灰凝結成塊，需要二克的水。
- 4.粉筆灰高度除加入一克水不同之外，其它的都相同。

綜合部分：

- 5.時間愈長水分凝結粉筆灰的能力愈強，沉積岩形成時亦似。
- 6.如果多出飽合所需的水量一點點，則形成泥漿狀。

(五)壓力對沉積岩形成的影響

- 步驟：1.拿小量筒，每筒放入45公撮粉筆灰以模擬未受壓力之砂粒。
- 2.裝有粉筆灰的小量筒置於電子秤或磅秤上，將秤歸零。
- 3.利用擠壓棒每次往下擠5公撮，觀察所需壓力，若超過三公斤以上改用磅秤，直到不能擠壓為止。
- 4.觀察每次擠壓後粉筆灰堅固程度，最堅固的是敲擊次為搖晃、輕搖、橫擺來代替。

結果：

表五：各種體積所需要的壓力比較表

學生姓名 粉筆灰體積 壓力克數	操 作 學 生				平均堅固狀況
	劉素娥	徐意喻	胡婉婷	黃嘉君	
45cc.	0g	0g	0g	0g	粉末原來狀態
40cc.	23g	20g	40g	26g	粉末，橫擺就散開
35cc.	64g	70g	200g	46g	半凝固狀輕搖就散開
30cc.	2000g	2500g	3000g	258g	凝固，晃動就稍為散開
25cc.	9000g	13000g	11000g	1950g	凝固，要用力敲擊才會散開

表五-1：壓力對沉積岩形成影響平均圖表

粉筆灰體積	45公撮	40公撮	35公撮	30公撮	25公撮
所需壓力	0.0g	27.3g	95.0g	1939.5g	8737.5g
凝固狀態	初始狀態	橫擺	輕搖	晃動	敲擊

推論：1.在實驗中45公撮的粉筆灰用最大力量加壓能凝結到25公撮且非常堅固。

2.粉筆灰體積愈小，所需要的壓力愈大。

3.粉筆灰體積從45到40公撮只要27.3克，但由30減到25公撮，壓力卻增加6798克。

(六)溫度高低對火成岩形成的影響

步驟：1.收集能夠融解的材料當作實驗的模擬岩漿，用鋁鉑紙包裹加熱，觀察開始融解的溫度。

2.把溫度計插入材料中，用本生燈加熱，到攝氏100，150，200，250，300，350度的時候，立刻夾離本生燈丟入水中，觀察變化。

推論：為能模擬岩漿且能適用我們的溫度計，決定使用色粘土和蠟筆二種材質來模擬岩漿火成岩的形成。

結果1.

六—1：各式材質融點比較表

單位：攝氏一度

測試材質	紙黏土	色黏土	蠟筆	粉筆灰
融點溫度	測驗不出來	80左右	90左右	測驗不出來

結果2.

表六—1：溫度不同對火成岩的影響

測試溫度	狀況概�叙 含顏色變化及外表特殊現象	
	色黏土部分	蠟筆部分
100度	只有融化色黏土一點點	只有融化色黏土一點點
150度	較多融化，顏色變淡	較多融化，有片狀物產生
200度	多數融化，有顆粒碎片產生	多數融化，有片狀及碎片產生
250度	完全融化形狀扭曲碎粒	全融，有片狀及表面皺褶很深
300度	全融，有砂粒狀孔洞及片狀	全融，有片碎片及些許坑洞
350度	顏色褪變孔洞及焦黑零散	全融，有片狀表面覆著多坑洞

推論：1. 溫度愈高，融化愈多的受試樣本。

2. 溫度愈高愈多一片片的浮在水面上。

3. 溫度愈高碎片愈多，凝結程度不很好，顏色多焦黑。

4. 溫度愈高，表面皺褶愈深，坑洞愈多。

(七)冷卻方式對火成岩形成的影響

步驟：1. 拿色粘土和蠟筆當做實驗樣本，使用本生燈加熱約二分鐘，待樣本變成液態即夾離本生燈。

2. 一放入水中為急速冷卻，一放在石綿心網上為自然冷卻。

3. 觀察冷卻後的樣本顏色、形狀，及其它種種變化。

結果：

表七：冷卻方式對火成岩形成的影響表

實驗樣本	自然冷卻方式	急速冷卻方式
蠟筆	整塊樣本沒有裂開 表皮有很深的皺褶 顏色比原來的顏色暗淡 結構比較弱	整塊樣本裂開 表皮有很多的砂狀 顏色和原來相似 結構比較強
色黏土	能夠保持完整的一塊 不能夠分離出其它物質 表皮還完整 顏色比較黑暗	分成很多細塊及碎片 在水的表面浮有一片一片的 表皮崎嶇凹凸不平 顏色比較鮮豔

- 推論：1.自然冷卻多保有原來的形狀且表皮完整；急速冷卻則多不規則且有碎
片，表皮多凹凸和砂粒狀。
- 2.自然冷卻的顏色較暗淡黑褐，急速冷卻除了一些燒焦外，和原來的顏
色都差不多。
- 3.把急速冷卻當是海底火山爆發，自然冷卻是陸上火山噴岩。

(八)添加物的種類對沉積岩變質的影響

- 步驟：1.搜集各種液狀東西來代替實驗四的水分。
- 2.在小量筒中各裝入10公撮粉筆灰，再加3克各種液體，後再加進多量粉
筆灰，以麥克筆壓擠粉筆灰使之充分吸收。
- 3.一天後，倒出所有粉筆灰，找出凝結成塊的秤重再除以原本的重量，
記錄為吸收百分比。

結果：

表八：添加物種類對沉積岩變質的影響

添加物種類	原重	後重	吸收重量	吸收比	凝結體狀況概敍
水	2g	5g	3g	150%	非常堅固
膠水	3g	11g	8g	267%	容易碎離
樹脂	3g	3g	0g	0%	富有彈性
矽膠	3g	3g	0g	0%	富有彈性
廢機油	3g	11g	8g	267%	容易碎離

- 推論：1.能夠凝結粉筆灰的物質其外表狀態均易流動，為含水物質；我們發現要凝結粉筆灰的第一要素，是水。
- 2.含有水之粘膠或稍帶粘性的廢機油，其所能凝結的粉筆灰比率較水多，但易破碎。

(九) 添加物種類對火成岩變質的影響

- 步驟：1.搜集各式能夠被高熱融解之原料添加物。
- 2.取半截蜡筆作為模擬岩漿的材料，加入小量添加物。
- 3.用鋁鉑紙包好加熱二分鐘後丟入水中，冷卻後取出觀察。

結果：

表九：添加物種類對火成岩變質的影響表

添加物種類	硬度描述	外表現象描敍	備註
粉筆灰	硬脆	有孔狀，但粉筆灰未融於內	顏色轉為暗淡
焊錫	硬脆	有孔狀，焊錫融於其中	顏色鮮豔有焦黑
樹脂	硬脆	有孔狀，表面崎嶇不平	顏色轉為暗淡
紙黏土	硬碎	有孔狀，兩者不相混合融解	顏色轉為暗淡
膠水	硬碎	融在一起，沒有破裂的樣子	顏色轉為暗淡

- 推論：1.添加物若能和蜡筆互相混合時，會形成和原來形狀差異很大的混合物，如膠水。
- 2.若粘膠無水狀，不能和蜡筆充分混合。
- 3.膠水添加物即是液態且加熱後能和蜡筆熔岩相互混合，形成一個很奇怪的模擬變質岩。

(十)添加物的多和少對火成岩變質的影響

- 步驟：1.我們需要易融化且燃燒沒味道的添加物，色粘土正好符合。
2.將色粘土平均分為長2公分寬1公分的許多小塊。
3.使用半截蠟筆當原料，每次往上加一塊色粘土，用鋁鉑紙包好，放在本生燈上加熱，兩分鐘後丟入水中急速冷卻，觀察所有現象。

結果：

表十：添加物的多寡對於火成岩變質的影響表

添加物塊	外 表 現 象 描 述	備 註
一 塊	型狀有點彎曲，表面平滑	原料沒有燃燒
二 塊	形狀彎曲，表面有一點點坑洞	淡青色火焰
三 塊	形狀扭曲，有坑洞和一些碎片	黃紅色火焰
四 塊	形狀扭曲，坑洞和很多碎片	黃紅色火焰
五 塊	四分五裂，有一塊浮在水面上	黃紅色火焰
六 塊	四分五裂，有一塊浮在水面上	黃紅色火焰

推論：添加物愈多，做出來的岩石形狀愈奇怪，坑洞愈多，碎片愈多，而且會燃燒出黃紅色的火焰。

五、結 論

- (一)以本生燈加熱後丟入水來模擬溫度改變使岩石裂解，沉積岩裂解最多，但大自然中的溫差沒這麼激烈，其裂解率應會小於17.43%。
- (二)水溶液對岩石風化作用的影響約2.41%，各岩種對水溶液酸鹼性不同有不同的風化程度，以酸性影響最大次為鹼性溶液。
- (三)六磅鉛球垂直落下所形成的機械力對岩石造成的裂解程度，各岩種相近，百分比約52.09%，流水和雨水…等磨擦都屬機械力。
- (四)就水分對沉積岩形成的影響，水分只要超過最低含水量，粉筆灰都能凝結成塊且堅硬，若水分稍多一點則形成沼澤泥濘狀態。
- (五)就壓力對沉積岩形成之影響，實驗證明：體積愈小所需的壓力也就愈大，而凝結的狀態也愈堅固。
- (六)就溫度高低對火成岩形成之影響，溫度愈高融化樣本愈多有較多片狀物，凝結程度不很好；碎片多且有坑洞，表面皺褶愈深。

- (七)冷卻方式對火成岩形成的影響經實驗發現，急速冷卻的樣本有較多碎塊，表面不規則顏色較鮮豔，有其它東西會浮在水面上。
- (八)添加物種類對沉積岩變質的影響，以粘膠代替水分若是液態的，凝結粉筆灰的能力較水強，但形成的塊狀模擬岩石不會很堅固。
- (九)就添加物種類對火成岩變質的影響，膠水是特殊添加物，若比原料容易融解，所形成的複合物則形狀完整；若添加物不易融解，則效果如火成岩般，無特殊的地方。
- (十)添加物多寡對變質岩形成影響，同火成岩作法只變化添加物的量，經實驗發現：添加物愈多形狀愈崎嶇、坑洞愈多片狀物也多。

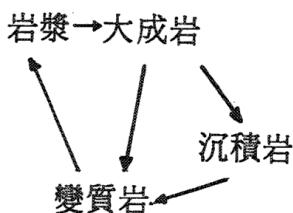
我們發現如果地球岩石圈的形成和我們做的實驗一樣的話，那不知道世界末日一年要多少次？我們所模擬的狀況都是推想的變化過程，所以實驗出來的數據都只適合用在這個實驗，那麼大自然的變化速度一定比我們做的實驗還慢得不可數。

六、參考書目

- (一)科學百科 劉君祖 牛頓 78年
- (二)岩石和礦物 郭震唐 圖文 73年
- (三)化石、岩石 林朝榮 光復 73年
- (四)地球科學 王鑫 教育部 81年
- (五)十萬個為什麼 輔新 79年
- (六)空氣和水 郭震唐 圖文 78年
- (七)我們的地球 光復 77年
- (八)奇妙的大氣壓力 馮鵬年 華一 77年
- (九)地球保險 大衆 72年。

評語

本作品收集了台灣地區之火成岩、沉積岩與變質岩標本並討論岩石之循環、即



本作品能利用鄉土材料作合理之推論且具團隊精神（作者共四人）