

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-地球科學科

科 別：地 球 科 學 科

組 別：國 中 組

作品名稱：海蝕岩面面觀

關 鍵 詞：板塊構造運動、海蝕凹穴、基性岩脈

編 號：030507

學校名稱：

金門縣立金城國民中學

作者姓名：

許宇儂、陳妍伊、陳可臻、張婷婷

指導老師：

杜世源、呂世璋



海蝕岩面面觀

壹、摘要：

在古崗至舊金城沿海砂灘上的高地，我們發現地表巨大的岩體蝕刻許多奇形怪狀的波狀凹穴的遺跡，今日已上升到高潮線上方至少有六公尺高，形成今海浪再也打不到的地方。藉由點線面的觀測，找到三處已上升的海蝕凹洞遺跡，來作為地殼垂直運動的證據，讓我們粗略了解岩體剖面所紀錄的地質事件，如果我們仔細觀察，可從地層透露的訊息，得知在漫長的地質年代中，地殼曾發生過的變動，也感受到板塊在運動的時候，地震所產生的震撼力是不可忽視的。我們應珍惜目前所擁有的一切資源。

貳、研究動機：

台灣經歷 9 2 1 及 3 3 1 地震可怕災難，心有餘悸，由電視媒體知道地震是板塊構造運動（國中地科第二章）造成地貌的改變（國中地科第三章），而同屬於歐亞板塊的金門島又如何呢？人云走過必留下痕跡？地表的變化想必也一樣，而海邊較易觀察，於是興起探討附近海岸岩層中的奧秘，來滿足我們的好奇心，並對地殼變動能作進一步的了解。

參、研究目的：

- 一、尋找附近海岸地殼變動的遺跡證據並瞭解其成因。
- 二、觀測兩地區海岸地表的變化及各種岩脈的走向。
- 三、以簡易鑑別礦物法分析其成分。

肆、研究器材：

- 一、採土鏟及塑膠袋、鐵槌、銅篩、放大鏡、強力磁鐵棒、傾斜儀
- 二、金門地圖、硫酸、鹽酸、三桿式天平、試管、量筒、燒杯、滴管

伍、研究過程：

- 一、尋找附近海岸地殼變動的遺跡證據：



照片 01

照片 02

照片 03

照片 04

- (一) 實地勘察古崗至舊金城一帶沿海岸高地（附圖 A 區），滿潮時，在潮間帶發現在高潮線上的多處巨石表面上有許多浪狀凹穴或圓坑（照片 01），乾潮時，在潮間帶的岩體露頭亦同樣有許多海蝕凹穴（照片 02），為探討其成因？決定沿海岸砂灘之岩體進行仔細觀察。結果如〈表一〉
- (二) 沿海岸砂灘走時，發現在潮間帶的砂灘上豎立許多三支一組的鐵樁（照片 03）？經請教正在附近澆菜的董伯伯，才知道是他們在二十多年前網魚所設，三支間距總長 5 5 米正好是一付漁網長度，每只鐵樁長 5 米插入 1 米高 4 米。近因沿海岸魚獲量少，已不再使用了。故我們在退潮時，以砂灘上近岸第三只鐵樁作為測量基準（現約高 2.32 米）。在距第三只鐵樁大約二十米以上砂灘，即滿潮時高潮線難以到達的地方（砂灘坡度 20 度 45 度），沿岸進行觀測（照片 04）。
- (三) 查詢金門地史資料，摘錄王鑫教授所著金門的地質報告「根據羅清華等(1993)的研究，構成金門本島基磐的花岡岩與花岡片麻岩，也就是在距今八千萬年之間，正在距離地面 28~30 公里的深處形成，隨後並依循同一個溫度一時間路徑冷卻、抬升。早期抬升速率為每年 0.27 公分，晚期速率則降為每年 0.027 公分。此一深成 / 變質岩體之快速冷卻及抬升，與喜馬拉雅構造運動期間的區域板塊構造運動，及花岡岩的入侵，有著密不可分的關係。」
- (四) 根據上述說法，古早所造成的地殼變動，應該在地表上或地層剖面上將會顯示出其地史紀錄。因此，我們初步決定騎自行車以附近海岸作定點觀測。

二、觀測兩地區海岸地表的變化及各種岩脈的走向。

- (一) 兩地區海灘，海岸砂層局部可見含黑色礦物薄層，厚約 0.1 公分，為了解此黑色物的成分？採集表層海砂，進行簡易理化分析（照片 05）。
- (二) 古崗至舊金城一帶沿海岸高地，露出的基性岩脈。表面呈黑色及綠褐色（照片

06)，與偉晶岩脈（照片 07）、石英岩脈（照片 08）等抵抗風化和侵蝕的能力有明顯差異，為探討其成因，觀測各種岩脈的走向及比較其硬度。



照片 05



照片 06



照片 07



照片 08

(三) 延平郡王祠（附圖 B 區）前，可觀察到很多已紅土化的土壤剖面（照片 09）及退潮後在潮間帶露出許多肉紅色偉晶岩脈及不同顏色的基性岩脈。表面堅硬呈黑色（照片 10）、表面鬆軟呈土黃色、磚紅色及綠褐色（照片 11），為探討其成因，觀測各種岩脈的走向，並採集樣土進行化學定性實驗分析。

(四) 祠前沙灘上殘留許多硬核狀的氧化物，呈現紅褐色、黃褐色、黑褐色等石塊和半透明、白色石英混成一堆（照片 12）。收集一些樣本帶回鑑別。



照片 09



照片 10



照片 11



照片 12

(五) 兩地區海灘，觀測比較各種岩脈的走向及抵抗風化侵蝕的能力。結果如〈表二〉

三、以簡易礦物鑑別法分析其成分。其方法如下：

(一) 將採集的砂以天平稱 100 公克倒入燒杯中，用磁棒攪動分離磁性礦物與非磁性礦物分別收集裝入燒杯內靜置。再以天平稱量，秤得兩者所佔重量百分比率。

(二) 以天平分別稱 100 公克的各種樣土，將分別倒入銅篩，篩選出粒徑大小，再倒入燒杯內靜置，（照片 13、15）分離出的礦物，各以放大鏡作初步的觀察和辨識，結果如〈表三〉

(三) 取各種經風乾的樣土，每次各稱取 1 公克後，放入試管中，分別與 1 0 M、5 M、1 M 的硫酸溶液及 1 0 M、5 M、1 M 的鹽酸溶液等作用，紀錄其反應情形，結果如〈表四〉（照片 14、16）



照片 13



照片 14



照片 15



照片 16

陸、 研究過程：

- 一、實地勘察古崗至舊金城一帶，（附圖 A 區）尋找地殼變動的遺跡，發現海岸有三處巨大岩體露頭，出現古早期受自然的風化及侵蝕等作用而形成許多海蝕凹穴的自然地質景觀，測量結果如下<表一>：

<表一>

地點	古崗高地	金門酒廠後	舊金城高地
砂灘坡度	20°	22°	45°
岩體高度	550cm	520cm	600cm
凹穴個數	43 個	15 個	26 個
凹穴最長	311cm	290	132
凹穴最寬	130cm	81	115
凹穴最深	112cm	65	300
實體圖形	照片 17~18	照片 19~20	照片 21~24



照片 17



照片 19



照片 21



照片 23



照片 18



照片 20



照片 22



照片 24

二、實地勘察比較各種岩脈的走向及抵抗風化侵蝕的能力，觀測結果：<表二>

<表二>

地點	岩脈類別	岩脈走向		脈寬(cm)		外觀狀況	風化侵蝕狀況	
		最大	最小	最大	最小	顏色形狀	凹下	凸出
古崗至舊金城	基性岩脈	N36 ⁰ E	N34 ⁰ E	112	30	黑堅硬、綠鬆軟	20-110	0
浯江溪口側		N44 ⁰ E	N40 ⁰ E	320	12	黃、綠鬆軟	15-40	0
延平郡祠右側		N40 ⁰ E	N36 ⁰ E	449	2.5	黑堅硬、綠鬆軟	0-	0
延平郡祠左側		N42 ⁰ E	N39 ⁰ E	168	46	紅黃綠鬆軟	30-72	0
古崗至舊金城	偉晶岩脈	N48 ⁰ E	N42 ⁰ E	52	4	肉紅色堅硬	0	2-6
浯江溪口側		N36 ⁰ E	N36 ⁰ E	70	5	肉紅色堅硬	0	1.5-3
延平郡祠右側		N36 ⁰ E	N34 ⁰ E	287	13.5	肉紅色堅硬	0	4-6
延平郡祠左側		N40 ⁰ E	N36 ⁰ E	147	43	灰白黑鬆軟	0	1-3

三、簡易鑑別礦物法分析其成分，觀測結果如<表三><表四>

<表三>

粒級名稱	各級粒子之直徑限度	風化基性岩 綠色土	風化基性岩 紅色土	風化基性岩 土黃色土	風化花岡片麻岩 土黃色
最粗砂	1.0-2.0mm		-	-	40.79g
粗 砂	1.0-0.5mm		-	18.56g	26.5g
中粒砂	0.5-0.25mm	76.93g	61.37g	61.25 g	18.78g
細 砂	0.25-0.12mm	18.72g	36.5g	12.04g	9.32g
最細砂	0.12-0.06mm	3.18g	1.39g	7.54g	2.9g
粉 砂	0.06-0.004mm	-	-	-	-
	篩後總質量	98.83g	99.26g	99.39g	98.29
	誤差	1.17	0.74	0.61	1.71

<表四>

項 目	磁性礦物	非磁性礦物	風化基性岩 綠色土	風化基性岩 紅色土	風化基性岩 黃色土	風化花岡片麻岩 土黃色
形狀	多稜角	塊狀、 板狀	粒狀、 粉屑狀	粒狀、 粉屑狀	粒狀、膠結 塊狀、屑狀	角塊狀或 片狀、粒狀
顏色	鐵黑色	透明、淺 黃、紅、 黑褐色	透明、淺 黃、紅、綠 褐色	透明、淺 黃、紅色	透明、黃、 紅、黑褐色	透明、淺黃、紅、 黑褐色
光澤	金屬光澤	玻璃光澤	無	無	無	玻璃光澤
百分比	18.6%	81.4%	-	-	-	-
10MHCl	紅棕色	黃綠色	黃色	黃綠色	紅棕色	橙色
5MHCl	黃橙色	淺綠色	綠色	淺綠色	黃綠色	黃色
1MHCl	淺黃色	淡淡黃色	無反應	無反應	淺綠色	淺淡黃色
10MH ₂ SO ₄	黃色	淡淡黃色	淺黃色	黃色	黃色	淡黃色
5MH ₂ SO ₄	淺黃色	無反應	乳白沉澱	無反應	淺綠色	無反應
1MH ₂ SO ₄	淺綠色	無反應	無反應	無反應	無反應	無反應

柒、 討論：

一、 尋找附近海岸地殼變動的遺跡，結果分析如下：

- (一) 由海岸露出的花岡片麻岩體上，蝕刻許多奇形凹穴的自然地質景觀，可看出海浪、潮汐、風沙在運動的時候，所產生的撞擊、挖蝕作用力量很強。
- (二) 古崗至舊金城一帶沿海岸高地，乾潮時，在潮間帶的岩體出現有許多目前正受海浪、潮汐之蝕刻而形成海蝕凹穴，測其剖面的節理走向為 N45°E（照片 25）。岩石中節理面由於空氣、水的滲入，較易風化侵蝕而凹下，表面明顯可看出有黃或紅褐色的薄層，此與岩中含鐵的礦物氧化作用，生成氧化鐵所導致。（照片 26）



照片 25



照片 26



照片 27



照片 28

(三) 我們在古崗至舊金城一帶的海灘，發現三處巨大的岩體上有受古海浪沖蝕成的凹洞遺跡（照片 17-24），今日已上升到高潮線上方至少有六公尺高，形成今海浪再也打不到的地方。若以晚期抬升速率為每年 0.027 公分來估算推測，顯然距今應有二萬年以上，但科學講求實據，我們僅能由上升的海蝕凹洞遺跡，來作為地殼上升運動的證據。

(四) 海岸露出的花岡片麻岩石中的黑色基性岩脈與偉晶岩脈等侵入體，可以從地層排列的順序明顯看出偉晶岩脈沿節理先侵入花岡岩體中，岩體因接觸高溫 and 壓力會發生變質作用變為花岡片麻岩，之後黑色基性岩脈侵才貫穿侵入岩體（照片 27）。另發現已風化成中砂粒的基性岩脈有部份呈彎曲，而沒有看到相對的移動。（照片 28）應是受力作用的結果。

二、觀測兩地區海岸地表的變化及各種岩脈的走向，結果分析：

- (一) 兩地區在潮間帶露出的偉晶花岡岩脈，其脈寬最大為 287 公分，最小為 4 公分，可以明顯看出岩脈節理較多，彼此略相平行，（照片 10）應是受力作用導致，岩脈侵入順序是偉晶岩脈先侵入花岡片麻岩中，之後基性岩岩脈再侵入貫穿，
- (二) 兩地區的基性岩之脈寬最大為 449 公分，最小為 2.5 公分。顯示基性岩之脈寬亦大小不一，但同一海灘卻出現不同顏色的基性岩脈。（照片 10、11、12），外觀有的已風化呈土黃色、紅棕色或灰綠色土塊狀，腳踏上覺得軟軟的（照片 29）並發現蝕洞內有生物遺骸，顯示受生物、化學作用，而呈蜂巢狀岩蝕景觀。部份為黑色基性岩脈尚未風化，（照片 30）應是不同時期的火山活動造成的？還是因地勢低且處於乾濕輪迴的環境下，海水的滲入使其常處於含水狀態，故風化速率快所形成的差異侵蝕？
- (三) 兩地區基性岩脈的侵入走向分布大約在 $N44^{\circ}E$ 至 $N34^{\circ}E$ 之間，偉晶岩脈的侵入走

向分布大約在 $N48^{\circ}E$ 至 $N34^{\circ}E$ 之間，即為東北--西南走向，顯示岩脈的走向兩者差異不大。唯一不同的偉晶岩脈有沿水平方向侵入的。



照片 29



照片 30



照片 31



照片 32

(四) 兩地區的岩脈抗風化侵蝕的能力有明顯的不同，基性岩脈比圍岩凹下 0~110 cm，（照片 06、30、32），偉晶岩脈比圍岩凸出 1~6 cm，（照片 07、31、32），探究其成因，主要是兩者的岩性不同，另一方面偉晶岩脈中的礦物交互鑲嵌，水分不易滲入內部風化，而基性岩脈愈寬，節理組多，風化侵蝕快，由同一地方的花岡岩與基性岩脈比較，當基性岩脈已風化成綠色土時，花岡岩乃然甚堅硬，可見基性岩脈抗風化能力差，其大小順序應是偉晶岩脈 > 花岡岩 > 基性岩脈。

(五) 延平郡王祠前斷崖有發育成熟的土壤剖面，我們用放大鏡觀察土的顆粒，均具有稜角，應是基磐花岡片麻岩就地風化所形成的紅土，讓我們了解土壤生成過程原來是受地表的風化、侵蝕作用，使地表岩層逐漸經由風、水等力量的破壞演變來的。（照片 33）

(六) 對照礦物圖鑑別，延平郡王祠前海濱沙灘殘留許多已膠結成硬核狀的氧化，應是基磐花岡岩及其岩脈經強烈風化，再由海浪沖蝕、氧化等長時期作用膠結成鐵質或鋁質結核的氧化物，磚紅或紅褐色為氧化鐵，土黃或黃褐色為氧化鋁。（照片 12、13）

三、以簡易鑑別礦物法分析其成分，觀測結果分析：



照片 33



照片 34



照片 35

(一) 由實驗結果知道磁性礦物佔砂的重量百分比約為 18.6%。非磁性礦物佔砂的重量

百分比約 81.6%，利用放大鏡目視大部分為透明的石英粒，少數呈紅棕色之氫氧化鐵膠。

(二) 從礦物的顏色、光澤、磁性等物理性質及化學定性分析的結果，可知磁性礦物以磁鐵礦為主、非磁性礦物以白、透明石英為主、少量的雲母及紅或黑色等氧化鐵的礦物。

(三) 利用銅篩篩選出的各樣土之粒徑大小數據<表三>及放大鏡觀察礦物的顏色、粒徑形狀等性質，發現紅色、綠色基性樣土已成為中粒或細粒的土，土黃色的基性岩脈有 18.56 g 膠結成的粗砂粒塊，而花岡片麻岩樣本有 40.79 g 呈最粗粒塊。

(四) 由<表三>數據可知，採自同一地點相鄰風化成土黃色的基性岩脈，與風化花岡片麻岩，岩性均勻、石英含量少的基性岩脈風化成土壤較花岡片麻岩快。

(五) 沙灘上採集的已風化的紅、黃、綠等色的酥鬆狀土，由實驗結果知道，各顏色的土與濃度大的硫酸作用會產生黃色的硫酸鐵。白色沉澱的硫酸鋁，我們參考辭典應是花岡岩經過長期之化學風化，會使鈉鉀、鐵、鋁等正離子淋濾出來，而鋁離子易沉澱而生成無定形的氫氧化鋁滲入基性岩脈中所造成。由實驗結果知道，各顏色的土與濃度大的鹽酸作用，會產生黃綠色的氯化鐵，證明基性岩脈含有鐵質的氧化物較多，而石英含量相對較少。

捌、 結論：

一、實地勘察（照片 17-24），我們在古崗至舊金城一帶的海灘，發現三處巨大的岩體上有受古海浪沖蝕成的凹洞遺跡，今日已上升到高潮線上方至少有六公尺高以上，形成今海浪再也打不到的地方。藉由點線面所作觀測的海蝕凹洞遺跡，應可作為地殼上升運動的證據。

二、兩處海岸都普遍見到各種侵入基磐之岩脈。各色的基性岩脈最多見，其次是偉晶花岡岩脈與石英脈，岩脈的節理大部份都成東北--西南走向，和與喜馬拉雅構造運動期間的區域板塊構造運動，以及早期劇烈的火山活動所造成的山地走向相同，有著密不可分的關係。

三、兩地海岸露出的偉晶岩脈沿花岡片麻岩石之垂直或水平節理方向侵入岩體中，部分

崩解成塊狀，但只發現岩脈有呈彎曲，而沒有看到明顯的斷層移動。應是多次受力的結果。岩脈侵入順序是石英、偉晶岩脈先侵入花岡岩，之後基性岩脈再侵入貫穿岩體。

四、延平郡王祠前斷崖成熟的土壤剖面，讓我們了解土壤生成過程原來是受地表的風化、侵蝕作用，使地表岩層逐漸經由風、水等力量的破壞演變來的。岩脈風化呈紅、黃、綠等色的酥鬆狀土，顯示礦物成分不同。而岩脈抗風化侵蝕能力，順序應是偉晶岩脈 > 花岡岩 > 基性岩脈。

五、我們經由實驗結果知道，磁鐵礦與各顏色的土與硫酸、鹽酸等作用會產生黃色的硫酸鐵、黃綠色氯化鐵及白色沉澱的硫酸鋁，証明基性岩脈含有鐵質的氧化物較多。

六、經由此次活動，讓我們粗略了解岩體剖面所紀錄的地質事件，如果我們仔細觀察，可從地殼表面透露的訊息，得知在漫長的地質年代中，地殼曾發生過變動的遺跡，也感受到板塊在運動的時候，地震所產生的震撼力是不可忽視的。我們應珍惜目前所擁有的一切資源。

玖、 參考資料：

- 一、王鑫、雷鴻飛，金門的地質、地形簡介，期刊，金門國家公園管理處，37 頁，85 年
- 二、朱樹恭，中山科學大辭典第五冊，三版，台灣商務印書公司，366、368 頁，75 年
- 三、林朝榮，中山科學大辭典第六冊，四版，台灣商務印書公司，第 9 頁，75 年
- 四、國立編譯館、國中地球科學全一冊、正式本二版、國立編譯館、第 2、3 章，90.8
- 五、國立編譯館、國中理化第三冊、正式本再版、國立編譯館、13-2，13-3，90.8

拾、 附圖：

