

# 鐵砂磁鐵砂霧沙沙—金門沙灘上磁鐵砂的前世今生

## 壹、摘要與研究動機

假日時常常和家人去金門的海邊玩耍、挖花蛤，踏著浪花踩在沙灘上感覺舒服極了。但隨著海浪一波一波的沖刷，原本被我們踩踏過的地方被海水填平了，不僅原本凹凸補平的地方鋪平了，奇怪的是上頭還覆蓋上一層薄薄的灰黑色沙子。再挖深一點，灰黑色的沙子似乎和白沙交錯排列，呈現層狀構造。因此我們想知道這些黑沙到底是從何而來，又是如何形成的。最近自然課上到岩石及礦物這個單元，老師說金門的地質以花崗岩與花崗片麻岩為主體，海岸邊就可見到他們的真面目，不知道這些沙子與金門的花崗岩是否有關連？



## 貳、研究目的

- 一、探究黑沙和白沙交錯排列的原因。
- 二、沙灘上的黑沙成分為何，且沙灘上不同位置的黑沙比例是否有差異。
- 三、沙灘上黑沙與金門的花崗岩是否有關連。
- 四、金門其他沙灘上是否也有黑沙的分布。

## 參、研究設備及器材

鐵鎚、鏟子、水桶、相機、強力磁鐵、鐵塊、白紙、量筒、燒杯、攪拌棒、夾鏈袋、打包繩、竹筷、湯匙、報紙、實驗室用鐵砂

## 肆、研究過程或方法

- 一、探究黑沙和白沙交錯排列的原因。
  - (一)選定學校學區範圍內的海岸為研究範圍，為了避免人為干擾，因此選擇較無人遊玩與撿拾螺貝類的海邊，而我們選定的地點為復國墩的沙灘。



(二)沙灘垂直採樣：以鏟子插入沙中垂直刮出一道平面，觀察黑沙與白沙的排列情形。

(三)沙灘表層採樣：分別在沙灘的高潮線、低潮線兩處，以筷子與打包繩圍成 30 公分見方的範圍，以鏟子垂直地表向下挖取五公分厚的沙子，帶回實驗室後先行自然風乾。



(高潮線)



(低潮線)



(高潮線採樣)



(低潮線採樣)

1. 分別將位於高潮線、低潮線兩處之沙子裝入量筒中，上下搖晃觀察黑沙與白沙分層情形。
2. 分別將位於高潮線、低潮線兩處之沙子裝入燒杯中，加入水後以攪拌棒水平旋轉攪拌，使其自然沉澱，紀錄實驗後黑沙與白沙之分層情形。
3. 重複步驟 2.再放入一次沙子，以攪拌棒水平旋轉攪拌新放入的沙子後，觀察其沉澱情形。

二、沙灘上的黑沙成分為何，且沙灘上不同位置的黑沙比例是否有差異。

(一)以「強力磁鐵」隔著白紙吸取海灘上的沙，可被吸附的可能是鐵或磁性物質。



(二)以「鐵塊」隔著白紙吸取海灘上的沙，因鐵和鐵無法互相吸引，若用鐵塊接觸沙子，可被吸附的便是磁性物質。



(三)使用長方形磁鐵分別吸引天然的磁鐵砂與實驗室之鐵砂，比較兩者是否具有相同特性。

三、沙灘上黑沙與金門的花崗岩是否有關連。

(一)沙子的顏色與磁性的探討，參考文獻與書籍，找出花崗岩中各種礦物的比例、顏色以及它們的比重，以印證前列實驗結果。

(二)我們以鐵鎚敲碎花崗岩，分別觀察石英、長石及黑雲母的碎片是否可被強力磁鐵吸附。



(石英)



(長石)



(黑雲母)

四、金門其他沙灘上是否也有黑沙的分布。

找出金門花崗岩的分布範圍，採集不同地點的沙灘上(成功、后湖、北山、后沙)的沙子，探討是否有磁性物質。由於復國墩的地質主要為花崗岩，因此我們挑選同為花崗岩地質的成功海灘實驗。另外挑選了非花崗岩脈的后湖、北山及后沙三個區域進行實地採集與比較。

(成功)



(后湖)



(北山)



(后沙)



## 伍、研究結果

一、探究黑沙和白沙交錯排列的原因。

(一)沙子加水上下搖晃後，由於高潮線樣本中顆粒大小相近，但白沙、黑沙上下分層明顯。由低潮線樣本中可發現愈上層沙子顆粒愈細，愈底層則顆粒愈粗。

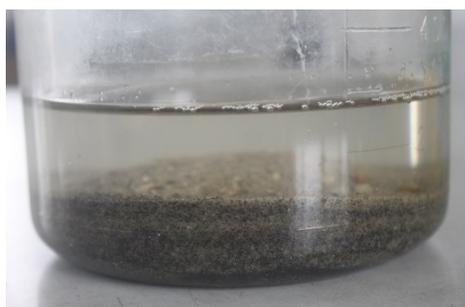


(高潮線樣本)



(低潮線樣本)

(二)位於高潮線處之樣本加水攪拌的結果中，黑沙與白沙交錯排列，這與沙灘的垂直剖面層層交錯的情形相符。



(高潮線樣本)

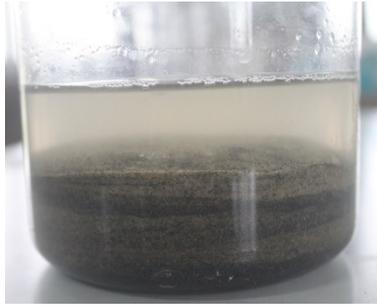


(三)位於低潮線之樣本加水攪拌的結果中，其白色細沙在上層，而黑沙幾乎都沉澱在第二層，而較透明的粗顆粒在第三層，最底層則有些許黑沙。



(低潮線樣本)

(四)沉澱後再加入沙子攪拌上半部的實驗中，新放入的沙子經過攪拌會造成相同的層理，並且繼續堆疊在前一層理上。低潮線樣本每回皆分三層，上層為白色細砂、第二層為黑色細砂、最底層為較透明的粗顆粒沙子。而高潮線樣本則與先前實驗結果相同，只是分層又往上堆疊，交錯情形更可明顯觀察到。



(高潮線樣本)



(低潮線樣本)

二、沙灘上的黑沙成分為何，且沙灘上不同位置的黑沙比例是否有差異。

(一)黑沙可以被強力磁鐵吸附，利用鐵塊接觸也可互相吸引，因此黑沙成分主要為磁鐵，這些可被吸引的沙子顏色皆呈灰黑色。

(二)但我們發現有些黑色的物質無法被強力磁鐵吸附，顯示黑沙並不全然皆是磁鐵。



(三)高潮線附近的沙子中，一平匙的沙子中可被強力磁鐵吸引的數量，較低潮線附近的沙子中多。表示高潮線附近的沙子中含磁鐵量較高，低潮線附近的沙子中含鐵量較低。



(高潮線樣本)

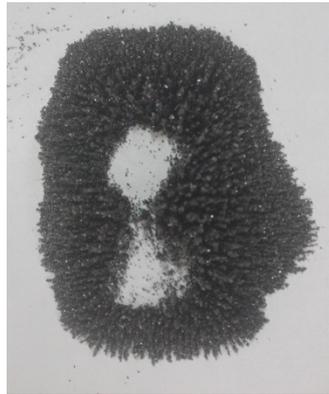


(低潮線樣本)

(四)鐵塊僅能使顆粒極微小的磁鐵砂吸附，且桌面的細小磁鐵砂也能站立豎起，但是效果並不容易觀察。



(五)天然的磁鐵砂與實驗室專用的鐵砂都可做出磁鐵的磁力線實驗，且可觀察到天然磁鐵砂的光澤度較高。



(天然磁鐵砂)



(實驗室專用鐵砂)

三、沙灘上黑沙與金門的花崗岩是否有關連。

(一)花崗岩的礦物組成中，黑雲母、磁鐵礦與鈦鐵礦的顏色是黑色，此三種礦物在花崗岩中的百分比是 8%，但具有強磁性僅有磁鐵礦，可被磁鐵吸引，其百分比只占 2%，因此並非所有黑沙皆可被磁鐵吸引。

花崗岩的礦物組成	石英	正(鉀)長石與微紋長石	奧長石	黑雲母	閃石類	磁鐵礦	鈦鐵礦	磷灰石
百分比 (%)	25	40	26	5	1	2	1	微量
顏色	無色/白色/各色	肉紅/玫瑰/褐黃色	無色/灰色	黑色/褐色/棕色		鐵黑色	黑色	白色/各色
比重	2.6	2.6	3.2	3~3.1	2.9~3.8	4.9~5.2	4.5~5	3.2

(二)我們發現石英、長石及黑雲母的碎片中，只有黑雲母碎片中的部分物質可被強力磁鐵吸附。



(黑雲母)



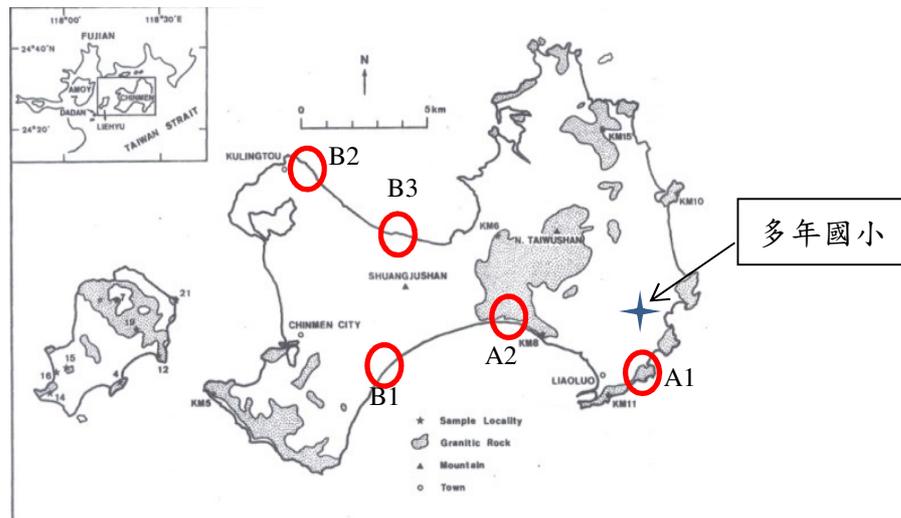
(敲碎的黑雲母碎片)



(部分可被強力磁鐵吸附)

#### 四、金門其他沙灘上是否也有黑沙的分布。

(一)此圖為金門島與烈嶼島的花崗岩分布圖，我們所採集的地點分成兩部分：花崗岩盤：A1(復國墩)、A2(成功)；非花崗岩盤：B1(后湖)、B2(北山)、B3(后沙)。



(二)其中 A1 及 A2 有採集到磁鐵砂，B1、B2 與 B3 則無磁鐵砂。取相同面積的沙  
子以強力磁鐵吸取，A1 的磁鐵砂含量較 A2 的磁鐵砂含量多。



(A1 沙灘)



(A1 沙灘的磁鐵砂)



(A2 沙灘)



(A2 沙灘的磁鐵砂)



(B1 沙灘)



(B1 沙灘無磁鐵砂)



(B2 沙灘無磁鐵砂)



(B3 沙灘無磁鐵砂)

## 陸、討論與結論

一、為何沙灘可以觀察到沙子有層次分明的排列現象？而且為何能夠區分出很多層？

(一)根據粒度淘選規則，海水的淘選能讓顆粒越粗的石礫會優先沉在底部，顆粒越細的則置於上層。

(二)由於金門的母岩體為花崗岩，因此沙灘上沙子為此岩體風化而成。因此下層為粒度較大之半透明石英顆粒，上層中沙子顆粒的平均大小非常接近，又因黑沙(黑雲母、閃石類、磁鐵礦、鈦鐵礦的比重為 3~3.1、2.9~3.8、4.9~5.2、4.5~5)之比重較白沙(石英、正長石、奧長石的比重為 2.6、2.6、3.2)大，因此黑沙先行沉澱，而後才是白沙。由於黑沙與半透明石英顆粒大小相差太大，些許的黑沙會穿透粗顆粒的隙縫掉落至最底層。



二、為何高潮線附近的沙子含磁鐵量比低潮線附近的含磁鐵量較高？這些磁鐵沙為何出現在岩石旁及海灣凹陷處居多？

(一)因為高潮線最接近花崗岩脈，岩石風化後產生的磁鐵砂就直接分布在高潮線附近。磁鐵砂隨著水流或海浪往海水移動後，因範圍極為廣大，所以分散了磁鐵砂在低潮線附近的含量。

(二)海水的流動過程中，若遇到阻擋物會形成漩渦狀，讓海水不斷帶動沙子在阻擋物旁打轉，因此黑沙就在岩石旁或消波塊旁產生黑白交錯堆疊的情形。



三、為何復國墩與成功沙灘雖同為花崗岩地質，但復國墩觀察到的黑沙較成功多？

(一)復國墩的花崗岩中，黑色的礦物較多，岩石中可明顯觀察到許多黑色的大顆粒，甚至可見到整塊皆為黑色的石頭，因此風化後此處的黑沙含量也較多。



(復國墩的花崗岩)



(復國墩的花崗岩)



(成功的花崗岩)

(二)成功沙灘是白色細沙為主，非常平整，因此風化產生的黑沙會毫無阻礙的直接流入海中，而復國墩的低潮線處以石礫為主，黑沙欲流入海中時會被石礫阻擋，因此可流向海中的黑沙數量少，多數皆被困在低潮線與高潮線間。加上花崗岩上的黑色礦物不斷風化又增加了此處的黑沙數量，因此復國墩比成功的黑沙多。



(復國墩的低潮線處)



(成功的低潮線處)

#### 四、為何在不同採集地點所採集的砂石樣本中磁鐵砂的比例皆不相同？

(一)復國墩、成功位於金門南岸，為花崗岩岩盤，皆有採集到磁鐵砂。

(二)后湖、后沙、北山不屬於花崗岩盤，因此沒有採集到磁鐵砂。后沙至北山一帶為紅土層，沙灘上遍布由紅土層淋溶造成黃褐色的赤鐵礦(即為貓公石)。我們以強力磁鐵吸附貓公石的碎塊後，發現無法被吸附。因此沙灘上也沒有磁鐵礦的分布。



五、北山與后沙的沙灘上，細沙內都沒有可以被磁鐵吸附的物質。反倒是沙灘上有種物質卻可輕易被強力磁鐵吸附，呈現不規則的塊狀或片狀，這些物質是磁鐵還是鐵？從哪裡來？來源與復國墩的磁鐵礦是否相同？



(一)我們以鐵塊接觸這些物質，發現無法被吸附，即使是位於桌上的極細小鐵塊都無法被吸引，因此該物質為鐵。



(二)根據這些物質的形狀與特徵，我們推斷它們來自於金門早期的軍事防禦、建築及武器設備。



(三角樁)



(未爆彈)



(地雷)



(戰車)



(子彈)



(軌條砦)

(三)復國墩的磁鐵砂為花崗岩盤自然風化而來，而北山與后沙之塊狀或片狀鐵塊則是來自於軍事之人為構築所產生。故上列物質與復國墩的磁鐵砂來源完全不同。

六、為何金門的沙灘上主要都是石英砂和磁鐵砂？

花崗岩的礦物組成	石英 (25%)	長石 (66%)	黑雲母 (5%)	磁鐵礦 (2%)	其他(2%)
硬度	7	6-6.5	2-3	5.5-6	-

(一)金門的母岩為花崗岩，因為其中的石英、磁鐵礦的硬度較高，較能抵抗化學和機械風化；反觀黑雲母硬度只有 2-3，非常容易被風化而發生碎裂；而長石雖然硬度高，卻容易經風化轉變成高嶺土，因此在金門的沙灘中，並不易看到長石顆粒。金門陶瓷廠早期使用的高嶺土即由金門當地開採，具有高度的經濟價值。

(二)我們查閱文獻指出，花崗岩岩漿在適當的溫度、壓力條件及高度逸氧的狀態下，其中的黑雲母(佔花崗岩中總成分的 5%)可以發生分解轉變成磁鐵礦，因此這可能是在金門廣大的白沙上雖不易見到黑雲母，但卻遍佈磁鐵砂的原因。因此金門廣大的沙灘上為硬度最高的石英砂以及磁鐵砂所組成。

(三)花崗岩中 91%的礦物皆為淺色，而石英占了 25%，它是最能抗拒化學和機械風化的礦物，其餘僅 8%的深色礦物在風化之下則散布在沙灘上，因此在金門廣大的沙灘上，放眼望去以白沙為基底色調。

七、含鐵的物質都非常容易生鏽，但為何磁鐵砂不會生鏽？

(一)磁鐵砂( $Fe_3O_4$ )化學組成相當穩定，並非以二價鐵( $Fe^{2+}$ )或三價鐵( $Fe^{3+}$ )存在，因此不易生鏽(氧化)，即使長期暴露在海水中也不易被催化。早期聰明的人類便會拿取海灘中的磁鐵砂鑄鐵，製成既堅硬又耐用的鐵製品。

(二)因此沙子中可見到俗稱的「鐵砂」，應該正名為「磁鐵砂」。因為它既是來自磁鐵礦，又具有磁性，不可與無磁性的鐵混為一談。

## 柒、參考資料及其他

- 一、王鑫、雷鴻飛。1996。金門地質、地形簡介。金門國家公園管理處。
- 二、何春蓀。1993。普通地質學。台北市：五南出版社。
- 三、吳啟騰、林英生。1998。金門地質地貌。〈金門學〉叢刊KM011。
- 四、林英生、吳啟騰。2004。金門海岸地景資源。金門縣政府建設局。
- 五、馬筱鳳。2000。住民的故事。聯經出版社。
- 六、馬樂天等人。2009。南山天英買來的花崗岩：磁鐵礦系列還是鈦鐵礦系列。現代地質第23卷第六期。
- 七、高詠渝等人。2011。鐵砂的秘密。中華民國第五十一屆中小學科學展覽作品說明書。
- 八、陳汝勤、莊文星。1995。岩石學。聯經：台北市。
- 九、黃怡禎。2001。礦物學。地球科學文教基金會。
- 十、馮敬庭等人。1996。風吹砂—草濼沙丘粒度及鐵礦砂含量分析。中華民國第四十六屆中小學科學展覽作品說明書。
- 十一、錢憲和。2001。地質學概論上冊。晨捷股份有限公司。
- 十二、鍾廣吉。2008。花崗岩地質與金門花崗岩。未出版。

## 捌、後記

金門日報在 103 年 4 月 29 日報導金門南邊海域出現「藍眼淚」的美麗奇景，吸引許多民眾前往造成一股熱潮。我們查閱相關資訊後相當訝異，竟然有資料顯示藍眼淚的產生竟與「含鐵物質」流入海中有關，這些含鐵物質提供渦鞭毛藻營養，導致放晴後，渦鞭毛藻趨光浮上海面。在春夏交接之際，潮水與湧昇海流造成大量聚集，加上南風吹拂的條件，才容易讓海浪驚擾到以渦鞭毛藻為食的介形蟲發出藍光，才能看到這樣讓人驚豔不已的奇景。

因此藍眼淚的形成原因「金門南邊海域」、「南風吹拂」及「含鐵物質」等，是否與本研究南海岸花崗岩、磁鐵砂有相關，這是讓我們很想知道的答案，也希望能繼續研究，為金門的地質環境盡一分心力。



照片來源：金門日報