

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

題目名稱：點蠟你的夏威夷—熱點火山與島鏈的形成

一、摘要：

美國夏威夷州是地球上著名的活火山地形，夏威夷群島的每個島都是一個火山活動造成的。在這之中，面積最大的夏威夷島上面就有五個火山，然而，其中只有一個是活火山，其它的都已經休眠了。此現象的原因是，與台灣或環太平洋其他周邊的火山不一樣，夏威夷火山不是板塊衝撞所造成的火山，而是地球內部的一個熱點（Hotspot），加熱岩漿，並藉由地殼上的出口或通道，湧出地面，凝結於地表，形成島鏈。由於熱點的位置不變，而板塊卻因板塊活動而緩慢移動著，因此在地面湧出形成的岩漿，逐漸形成了一串島鏈。

夏威夷群島便是在這樣的原理下花費七千萬年所形成，過程中熱點不移動，太平洋板塊不斷移動，島不斷形成，最終形成夏威夷島鏈。

本研究旨在探討夏威夷熱點火山與島鏈形成的板塊移動模擬，實驗中，我們透過蠟燭燃燒以代表地函物質在固定位置中熔融後，上升到地表並遺留下痕跡，稱之為熱點，以及其代表板塊確實移動的證據，透過實際操作實驗演示熱點火山產生的現象：熱點效應。

二、探究題目與動機

1. 探究題目：以模型探討夏威夷熱點火山與島鏈形成的板塊移動模擬

2. 探究動機：

(1) 在地球科學課程中，我們學到了有關地球板塊構造學說與其演進歷程，我們對於板塊構造學說特別感興趣，也試想：除了海底的中洋脊可以證明地殼飄移動力—地函以外，是否藉由島鏈、熱點火山的位置與排列，也可以證明板塊是會移動的，並更進一步從島鏈的排列順序推斷出板塊的移動方向？於是希望模擬熱點火山形成原理，並找出島鏈排列與板塊移動方向之關聯與規則。

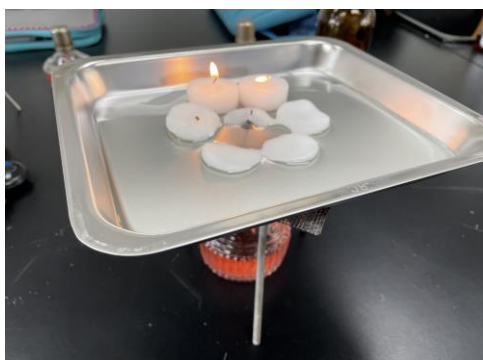
(2) 同時，我們發覺熱點火山的形成在課文中難以以文字方式呈現清楚明確，若有實物動態呈現，能讓他人更清楚其形成原理與規則，因此希望設計模型，並嘗試用石蠟、細沙、水等材料，動態模擬海底火山與熱點火山的運作方式，藉此以新方式呈現「熱點火山與島鏈的形成」。

三、探究目的與假設

- 一、探討熱點火山與島鏈之關係
- 二、透過觀察島鏈的形狀判斷板塊移動之方向
- 三、利用模型表現島鏈的形成與原理

四、探究方法與驗證步驟

1. 探究方法：以純石蠟(模擬岩漿)、細沙(模擬板塊)、水(模擬海洋，冷卻岩漿)，模擬海底岩漿噴發情況，並以移動加熱不鏽鋼托盤，模擬熱點火山熱源固定與板塊移動之關係，進而呈現出夏威夷熱點火山與島鏈的形成。
2. 實驗流程與驗證步驟：
 - (1) 在不鏽鋼托盤中依序鋪上純石蠟、細沙、水



(圖一) 加熱石蠟



(圖二) 平均鋪平石蠟



(圖三) 平均鋪上細沙



(圖四) 倒入水

- (2) 以酒精燈模擬固定熱源，於定點固定加熱不鏽鋼托盤底部



(圖五) 以火源定點加熱

- (3) 移動不鏽鋼托盤模擬板塊移動
- (4) 紀錄石蠟噴出沙子，冷卻定型後留下的痕跡



(圖六) 紀錄石蠟冷卻後排列與痕跡

3. 實驗設計：

- (1) 了解熱點火山與島鏈形成原理
- (2) 製作熱點火山模型
 - A. 模擬海底火山噴發與熱點火山形成
 - B. 模擬夏威夷島鏈形成
 - C. 討論夏威夷島鏈形成之與板塊活動之關聯
- (3) 統整島鏈排列與板塊活動之規則

4. 實驗工具：純石蠟(約 12 顆直徑 3.4cm x 高 0.8cm 的蠟燭)、細沙、水、不鏽鋼托盤、酒精燈

5. 實驗結果：

- (1) 製作熱點火山模型
 - A. 模擬海底火山噴發與熱點火山形成

使石蠟於湧出沙子，遇水冷卻，並形成突起狀蠟塊，成功模擬海底火山噴發之原理與結果(如圖七)。



(圖七) 實驗過程蠟塊形成

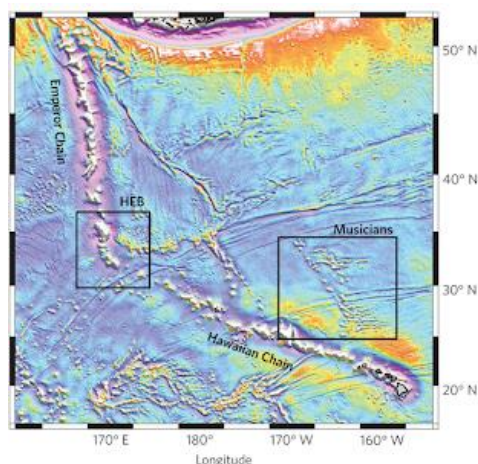
同時，藉由移動不鏽鋼托盤，符合熱點火山之形成要素與原理：固定熱源、板塊移動、岩漿冷卻等，成功模擬島鏈的形成(如圖八)。



(圖八) 實驗過程模擬島鏈形成

B. 模擬夏威夷島鏈形成

依照夏威夷島鏈之排列以及參考文獻了解，可知夏威夷島鏈的形成之固定熱源上，板塊移動方向原本為向北移動，形成天皇海山群島(Emperor Chain)，但約五千萬年前，受到太平洋板塊大規模變動影響，產生地形圖上明顯的轉折：夏威夷--天皇海山群轉向(Hawaiian-Emperor chain bend, HEB)，並使板塊移動方向改為向西北方移動，因此形成夏威夷群島(Hawaiian chain)，組成夏威夷島鏈。



(圖九) 夏威夷島鏈之排列地形圖



(圖十) 本次實驗模擬夏威夷島鏈之成果

C. 討論夏威夷島鏈形成之與板塊活動之關聯

本次實驗成功就夏威夷熱點位置與島鏈排列推測板塊移動路徑，並移動托盤，模擬出夏威夷島鏈的排列與形成(見圖九、圖十)。根據文獻資料可知，夏威夷熱點位置位於北緯 19 度，有此可知地形圖(圖九)右下角為最新形成的地形，故實驗過程，本實驗由不鏽鋼盤右上方開始加熱，並同夏威夷群島形成歷程，移動方向先由向上，再轉為向左上方，最終成功模擬其島鏈排列。

(2) 統整島鏈排列與板塊活動之規則

實驗結束後，我們將浮於水面上的蠟以及細沙上的水倒出，更明確觀察石蠟湧出的情況與排列，進而統整島鏈排列與板塊活動之規則(見圖十一)：



(圖十一) 除去浮蠟與水後的模型

- A. 由本模型與實驗可知，熱點位置不變，故離熱點位置較遠的島嶼通常形成時間較長。
- B. 板塊移動方向與島嶼形成方向相反，例如：板塊向北移動時，天皇海山群島逐漸向南形成一連串島鍊。

五、結論與生活應用

結合上述探討，整理相關資料後歸納出以下結論：

1. 島鏈與熱點火山之關係

熱點是指地函物質於固定且特定的位置熔融，透過火山噴發上升到地表後，在地殼上所遺留下痕跡。當熱點上的滾燙岩漿噴發，岩漿遇到海水之後將冷卻形成岩石。因此，島鏈的形成是經由不斷的冒出的岩漿、岩石不斷的堆積，再加上板塊平移，一旦移動的板塊經過熱點上便會有火山形成，進而接連形成一連串的岩石島嶼，例如夏威夷火山島鏈與帝王島鏈。

2. 島鏈的形狀確實與板塊變動之方向相關

熱點火山的岩漿冷卻形成岩石的過程中，是因板塊的方向變動，使得熱點上新冒出的島嶼取代上一個島嶼形成的位置，連接成島鏈。因此，板塊的移動將影響經過熱點的位置，當經過熱點的位置改變，島鏈形成的形狀與方向也會隨之產生變動。總結來說，島鏈的形狀的確與板塊移動方向息息相關。

3. 其他相似地形與未來應用

世上最活躍的熱點與火山地形，除了夏威夷，也包含留尼旺、黃石、加拉巴哥群島、冰島等地，其形成原理皆與此模型運作原理相似，故未來可運用此次探究模型模擬觀察，並了解其島鏈或地形形成與板塊活動之關聯性。

4. 未來展望

本次實驗過程，因石蠟質量輕，故湧出細沙面後會馬上浮上水面，與實際情況岩漿湧出後在海底堆積形成島嶼之情況較為不同。故期望未來能已找到其他材質代替石蠟，以更貼近真實情況的方式模擬熱點火山與島鏈的形成。

參考資料

1. 賈新興、汪中和 (2018)。火山噴發重創夏威夷 地熱開發反引地震。網路資料。
<https://anntw.com/articles/20180610-Cpb9>
2. 汪仔鰭、吳朝榮(2011)編輯。科學 Online 高瞻自然科學教學資源平台—熱點 (Hotspot)，網路資料。
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=38943>