

重新認識台灣火山

文、圖：林正洪 中央研究院地球科學研究所

過去台灣火山之認知

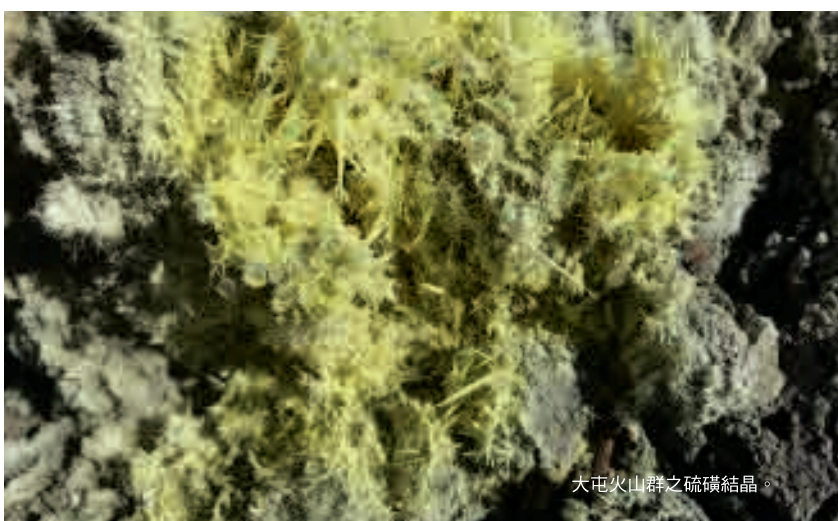
台灣北部存在一些明顯火山特徵之地貌，例如陽明山國家公園內的大屯火山群與宜蘭外海之龜山島。大屯火山群包括二十幾個大約數十萬年前噴發形成的火山，例如大屯山、七星山、紗帽山、黃嘴山、小觀音山、大後尖山等等。大屯火山群地表的地熱活動非常的強烈，其中最為有名的景點有小油坑、硫磺谷、庚子坪、七股、八煙等，這些地區地表溫泉、噴氣孔及地熱處處可見。此外，宜蘭外海之龜山島也是一座火山島，火山噴發的火山灰與火山堆積物極為明顯。同時海底火山溫泉噴發，也產生極為壯觀之牛奶海。上述這些非常典型火山地貌，極可能與近期台灣火山活動有密切關係。但是因為人類歷史上台灣並沒有火山噴發的紀錄，所以大家過去長時間認為台灣島上並沒有活火山的存在。

台灣活火山之科學證據

大屯火山群與宜蘭外海之龜山島是否為「活火山」是我們最關心的問題。一般而言，科學家可以分別依據經驗法則與現象法則來判斷火山。一個火山如果過去一萬年內曾經有噴發的紀錄，依據經驗法則，建議考慮它是個活火山。如果在火山的下方可以找到岩漿庫，依



大屯火山群之噴氣孔。



大屯火山群之硫磺結晶。



龜山島海底火山溫泉產生之牛奶海。



龜山島之火山堆積地形。

據現象法則來判斷，也應該考慮它是個活火山。

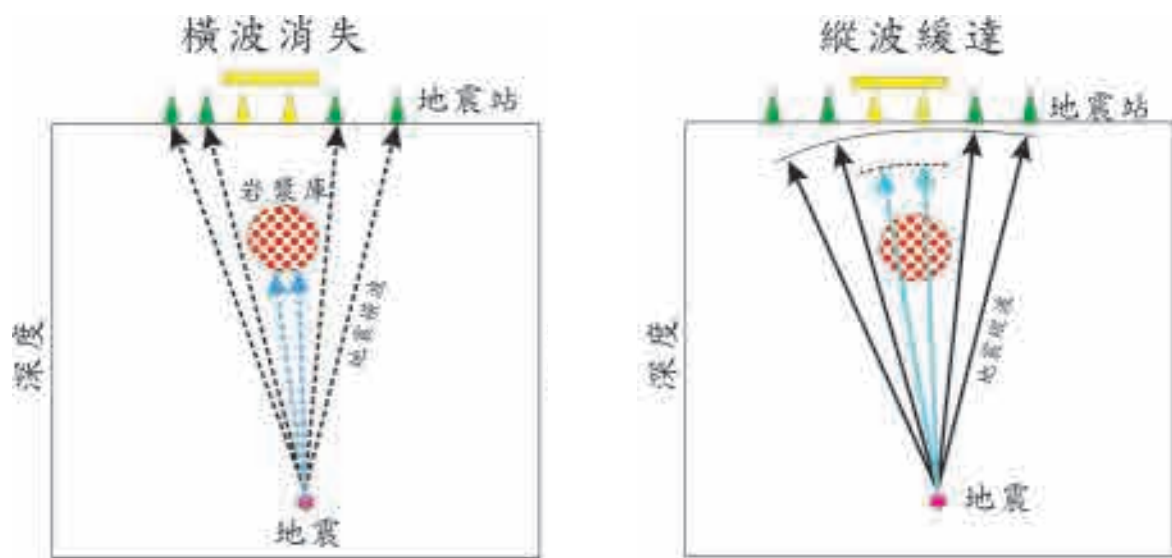
根據早期龜山島上火成岩之熱螢光定年結果，證實七千年內曾經有火山噴發紀錄。最近大屯山地區火山灰定年研究，也發現最後一次噴發可能為五至六千年前。如此一來，龜山島與大屯火山群已經符合國際火山學會，一般認定活火山的經驗法則，通常便可歸納為活火山。

為了更進一步確認大屯火山群與龜山島這兩個火山之活動性，最近的幾年內，中研院地球科學所研究團隊不僅在大屯火山群與龜山島發現岩

漿庫，同時觀測到多項重要活火山特徵，例如火山心跳、火山通道、火山地鳴等等。這些研究結果不僅是具有重要的科學價值，而且可以來辨識岩漿庫的形貌與位置，進而推估未來可能噴發的形式與地點，對未來的火山噴發威脅進行提前準備。

1. 岩漿庫的發現

為了確認岩漿庫的存在，我們成功地發展一種全新的方法，來偵測大屯火山群與龜山島底下的岩漿庫。主要的概念是利用地震橫波無法在液態物質傳遞的特性來辨識岩漿庫存在。同時檢驗



利用地震橫波消失與縱波緩達的特性來辨識岩漿庫存在。

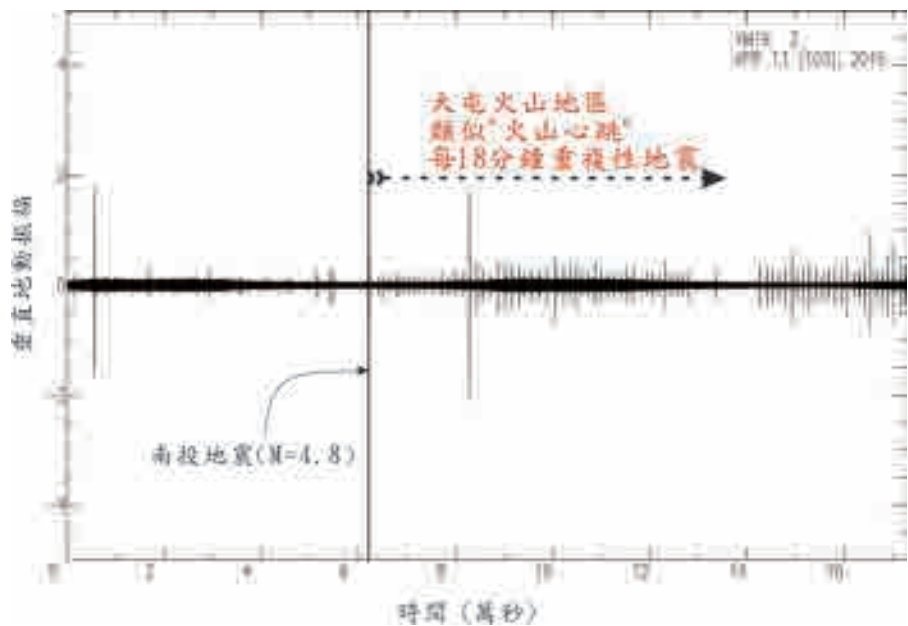
當地震縱波通過岩漿庫過程中，它的傳播速度也會明顯降低之特性。根據這兩項觀測結果，我們清楚地發現大屯火山群的下方存在有岩漿庫。我們也利用相同的方式，驗證龜山島底下存在有岩漿庫。根據國際間判斷活火山的現象法則，認定大屯火山群與龜山島兩者都是活火山。

2. 火山心跳

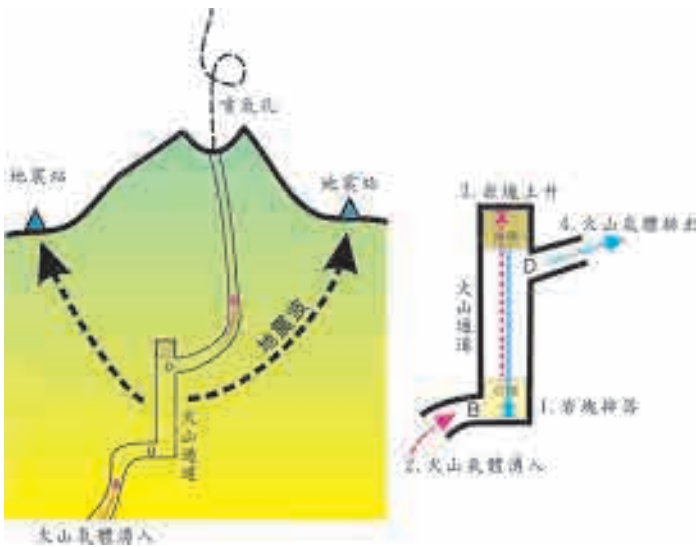
我們在大屯火山地區噴氣最強烈的大油坑附近，發現類似心跳活動的地震群。因為這些地震

群大約包括了一百多次小地震，重複且持續性的每間隔18分就發生一次地震，非常類似動物的心跳，簡稱為「火山心跳」。產生這些類似火山心跳地震系列的啟動機制與過程，可以利用下面的簡單步驟來說明：（1）當南投有感地震（M=4.8）產生之地震波傳達到大油坑時候，造成火山通道頂端部分鬆動岩石的崩塌，掉落火山通道的底部產生火山心跳第一個地震；（2）因為掉落的岩石完整堵住火山通道下方噴氣孔的入口；（3）然後持續性的火山氣體灌入，逐漸地

抬升墜落的岩石；（4）大約18分鐘後，當岩石高度抬升超過原本上方噴氣孔的位置，氣體瞬間釋放後，岩石再度掉落通道底部產生另一個地震。然後重複（2）、（3）、（4）的步驟就產生一系列的地震，直到最後一次掉落的岩石不能完整堵住下方噴氣孔，火山心跳就會停止。



大屯火山群地區大油坑附近發現類似心跳活動的地震群。



產生火山心跳之地震活動可以利用簡單四個步驟來說明。

3. 火山通道

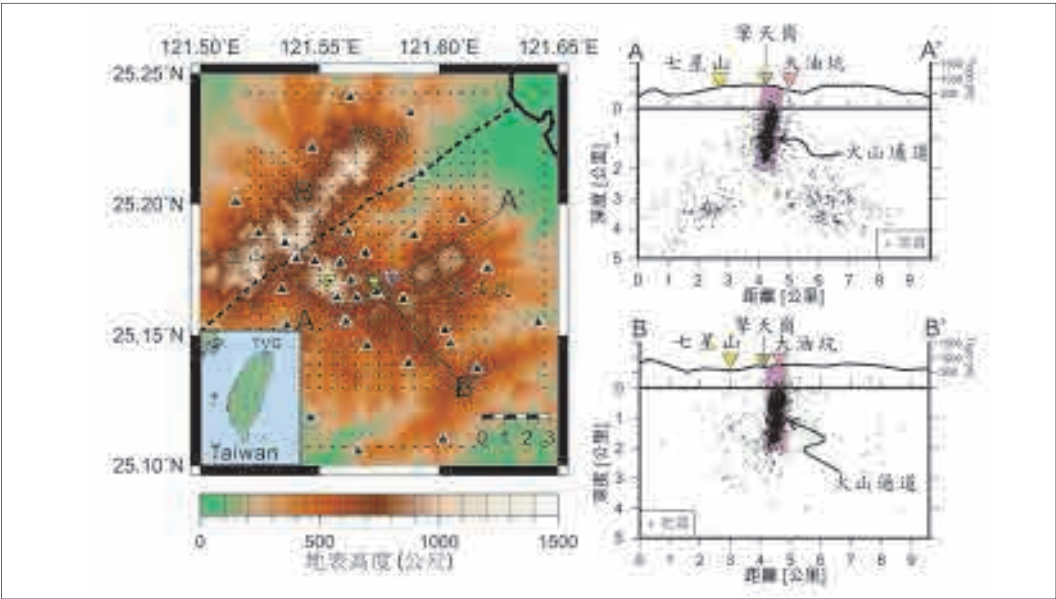
我們分析民國93年到96年間大屯火山地區觀測到的地震資料，經由仔細地重新定位，可以非常清楚地發現大約有一千多次地震，全部集中在大油坑下方一個圓柱狀體內，它的直徑約為五百公尺、高度約有兩公里。如此集中的地震分佈，相信是由深部岩漿庫釋放的上升火山氣體或液體所產生的現象。這樣的觀測結果充分地說明，大屯火山群不僅具有非常活躍的特性，同時可以推估如果未來火山噴發再度噴發時，這個地震聚集的通道，很可能將是未來火山岩漿的主要路徑。

4. 蒸氣爆炸之地鳴

雖然大屯火山群過去人類歷史上並沒有火山噴發的紀錄，但是利用密集的地震網與次聲波感應器，我們偶而可以清楚地觀測到非常小規模的蒸氣爆炸現象。過去幾年在陽明山地區之地震儀，常常觀測到非常高頻率（>20Hz）的地動訊號，這些訊號不僅可以清楚地被次聲感應器所記錄，同時也常常可以被周遭的民眾聽到，就是所謂的地鳴。利用這些高頻的震動訊號到達的先後，我們可以計算出他的來源主要常常來自火山噴氣活動非常活躍的地區，例如小油坑、磺山、中山樓等地區之噴氣孔附近。因此判斷這些高頻率的空氣震動訊號可能是突發性的小規模蒸氣爆炸所產生。未來不能排除比較大規模的蒸汽爆炸的可能性，非常值得注意。

大屯火山觀測站

雖然許多觀測證實大屯火山群與龜山島均為活火山，但是社會各界也不用過於惶恐緊張。事實上，火山噴發不像地震尚無法預測，火山噴發前可以透過儀器觀測來預估發生時間、大小與地點。預估的原理很簡單，因為火山噴發是高溫岩



大屯山地形圖(左)與地震集中火山通道頗面。



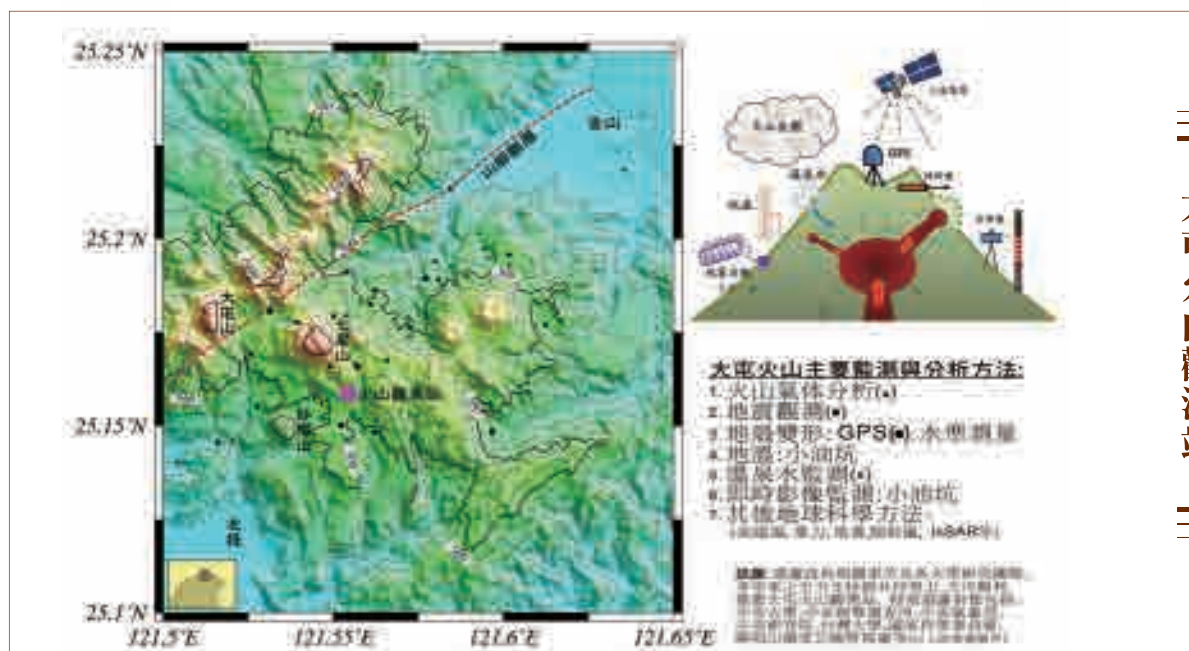
菁山自然中心內之大屯火山觀測站。

漿從地殼內部之岩漿庫竄升至地表，當岩漿開始往上竄升時，通常會產生許多地震，同時地震深度也隨岩漿上升時逐漸變淺。此外，地殼會變形或隆起、火山氣體成份可能遽增或改變、地表溫度升高等等現象。整合這些觀測結果可以用來預估火山噴發之發生時間、大小與地點。因此建構有效火山監測機制，可以降低火山活動前之恐慌與未來可能之威脅。政府已經於民國100年於陽明

山國家公園管理處之菁山自然中心，成立大屯火山觀測站（TVO：Taiwan Volcano Observatory Tatun），建立各項即時觀測系統，包括地球化學、地震網、地殼變形、地溫與火山噴氣孔即時影像等，專職負責火山監測之工作，相信未來如果火山噴發前一星期或幾十天前，會有預警之功能。

總結

過去十幾年來，我們的研究開啟了台灣火山全新的一章。研究團隊不僅在大屯火山群與龜山島發現岩漿庫，同時觀測到多項重要活火山特徵，例如火山心跳、火山通道、火山地鳴等等。因此，立法院在民國106年通過立法程序，將火山災害列入台灣一種自然災害的防治項目。台北市政府也在民國107年舉行火山災害演習，提高一般民眾防災的基本觀念。中央氣象局於民國109年12月29日，進行台灣第一次利用手機簡訊發布火山噴發之演練訊息。事實上，為了降低未來火山噴發之可能衝擊，政府也已經超前部署，並於民國100年設置大屯火山觀測站，建立多種即時火山監測系統。



大屯火山觀測站

大屯火山觀測站之位置與觀測系統與預警之功能。