

陽明山國家公園地質風景記事 調查研究

陽明山國家公園

內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告

PG9303 - 0282

093 - 301020300G1 - 002

陽明山國家公園地質風景記事 調查研究

受委託者：中華民國國家公園學會

研究主持人：張石角

研究人員：吳素慧

內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十三年十二月

目次

表次	III
圖次	IV
照片次	V
摘要	X I
第一章緒論	1
第一節研究緣起與背景	1
第二節內容與作業流程	2
第二章火山地質記事	5
第一節擋住北風的屏障	5
第二節火山的氣味	9
第三節硫氣與溫泉	14
第四節橫看側看皆成峰	17
第五節火山爆炸指數	21
第六節堆積起來的火山	24
第七節寄生火山	27
第八節鐘型的紗帽山	30
第九節斷層與火山	33
第十節孤山與連峰	36
第十一節火口在那方？	40
第十二節陵谷易位	44
第十三節擎天崗草原	48
第十四節牛徑的圖案	51
第十五節黑森林中的樹幹	56
第十六節台灣的安第斯火山岩	61
第十七節三瓶酒？二瓶酒？一瓶酒？	65

第十八節 楊貴妃與趙飛燕	68
第十九節 先生與後到	70
第二十節 褪色的安山岩	72
第二十一節 換質玫瑰與明礬花	75
第二十二節 紅水仙與黑皮石	79
第二十三節 癩痢七星與滑頭大屯	84
第三章 結論與建議	89
第一節 結論	89
第二節 建議	90
參考書目	91

表 次

表 2-1 台灣北部諸火山岩和金門火成岩的岩漿性質差異性比較32

表 2-2 花崗岩、安山岩和玄武岩三種主要火成岩礦物成分的比率62

陽明大學

圖次

圖 2-1 大屯火山群地質圖	12
圖 2-2 大屯火山群之斷層分布圖	33
圖 2-3 板塊隱沒帶內側火山作用	34
圖 2-4 琉球海溝	35
圖 2-5 七星山系的獨立錐狀火山區地形圖	36
圖 2-6 大屯山系的連峰錐狀火山區地形圖	37
圖 2-7 竹子山系的直線山嶺狀火山群地形圖	37
圖 2-8 攻頂路線示意圖	38
圖 2-9 連峰型路線示意圖	38
圖 2-10 縱走型路線示意圖	39
圖 2-11 從屬高低法—以菁山自然中心為例	41
圖 2-12 岩層面層態法	42
圖 2-13 鵝尾山地區地形圖	44
圖 2-14 陵谷易位示意圖	47
圖 2-15 因強風之故，造成柳杉林向上坡彎曲	59
圖 2-16 柳杉林樹幹向下坡彎曲，乃因土壤蠕移所致	60
圖 2-17 三瓶酒？	66
圖 2-18 岩漿結晶分化作用示意圖	66
圖 2-19 安山岩線	67
圖 2-20 角閃石和輝石之晶形示意圖	69
圖 2-21 七星山最後一次噴發活動示意圖	86
圖 2-22 大屯山最後一次噴發活動示意圖	88

照 片 次

照片 2-1 七星山、小觀音山、大屯山等三山一體之景象。	5
照片 2-2 七星山海拔 1,120 公尺，為大屯火山群中最高峰。	6
照片 2-3 大屯山海拔 1,077 公尺，為大屯火山群中第三高峰。	6
照片 2-4 小觀音山海拔 1,060 公尺，其高度在大屯火山群中排名第四。	7
照片 2-5 大屯火山群守護著台北盆地，擋住凜冽的北風吹襲。	8
照片 2-6 七星山北麓大油坑硫氣孔仿如火車頭蒸氣，煙氣裊裊。	9
照片 2-7 七星山西坡小油坑硫氣孔終年不斷在冒著白色煙霧。	9
照片 2-8 馬槽硫氣孔。	10
照片 2-9 八煙附近硫氣孔。	10
照片 2-10 大磺嘴（龍鳳谷）地區硫氣孔。	10
照片 2-11 七星山山坡上，分布著硫氣孔。	11
照片 2-12 八煙地區已不冒氣的硫氣孔。	13
照片 2-13 黑色硫化鐵皮的安山岩。	13
照片 2-14 七星山西麓小油坑噴氣量小時，氣如游絲，不絕如縷。	14
照片 2-15 小油坑噴氣量大時，氣勢澎湃，具震懾人心之態。	15
照片 2-16 北磺溪支流—八煙溫泉。	15
照片 2-17 冷水坑地區碳酸鹽冷泉。	16
照片 2-18 橫看側看皆成峰的七星山（西向坡）。	17

照片 2-19 橫看側看皆成峰的七星山（西南向坡）。	18
照片 2-20 橫看成嶺的五指山褶皺山脈。	18
照片 2-21 側看成峰的五指山（內湖金面山）。	18
照片 2-22 日本富士山。	19
照片 2-23 菲律賓 Mayon 火山。	19
照片 2-24 泉源路上的火山熔岩。	21
照片 2-25 北磺溪岸的火山碎屑岩。	21
照片 2-26 夏威夷熔安靜的火山熔岩流。	22
照片 2-27 劇烈的火山爆發。	22
照片 2-28 大屯火山與任何火山一樣，都是兼具堆積與造山兩種過程之火山作用所造成的。	24
照片 2-29 成層火山模型。	25
照片 2-30 澎湖貓嶼熔岩地形。	26
照片 2-31 紗帽山是七星山的寄生火山。	27
照片 2-32 紗帽山為七星山之寄生火山。	28
照片 2-33 菜公坑山是大屯山的寄生火山。	28
照片 2-34 大尖山是磺嘴山的寄生火山。	28
照片 2-35 鐘型的紗帽山。	30
照片 2-36 山勢和緩的澎湖鐵砧嶼。	31
照片 2-37 熔岩流紋法—小油坑安山岩流紋。	43
照片 2-38 鵝尾山自竹篙山分出之頭部。	45
照片 2-39 鵝尾山之中段。	45
照片 2-40 鵝尾山之尾段。	45
照片 2-41 夏威夷熔岩流流動。	46
照片 2-42 擎天崗大草原。	48
照片 2-43 躺在草原仰望藍天白雲。	48
照片 2-44 瑪鍊溪谷與基隆嶼。	49

照片 2-45	柔軟舒適的草坪，幾乎全無令人不適的石塊。...	49
照片 2-46	石梯嶺的雜木林乃安山熔岩出露處。.....	50
照片 2-47	植被之空間交替見證了岩質的空間交替。.....	50
照片 2-48	擎天崗草原上的牛隻。.....	51
照片 2-49	擎天崗和緩山坡成為放牧水牛之草原。.....	51
照片 2-50	水牛通過區：平坦草地上寬約二十公分的牛徑。.....	52
照片 2-51	陡坡草地上的水牛足跡。.....	53
照片 2-52	陡坡草地上斜坡交叉之牛徑圖案。.....	53
照片 2-53	水牛浴罷上坡足跡（頂山附近）。.....	53
照片 2-54	花蓮水璉牛山斜坡上的牛跡圖案。.....	53
照片 2-55	頂山附近牛隻群打滾地。.....	54
照片 2-56	黑森林中牛隻擦身樹幹。.....	54
照片 2-57	樹幹被磨光的水牛搓背樹。.....	54
照片 2-58	枯枝刺蝟的牛糞。.....	55
照片 2-59	淺山谷中之柳杉林。.....	56
照片 2-60	擎天崗草原上唯一之蔭涼清爽之柳杉林。.....	56
照片 2-61	生機盎然的矗立柳杉林。.....	57
照片 2-62	柳杉林樹幹向上坡微曲後直立生長。.....	57
照片 2-63	朝下坡彎曲的柳杉樹幹。.....	58
照片 2-64	呈弧形彎曲之樹幹。.....	60
照片 2-65	大屯火山安山岩。.....	61
照片 2-66	金門花崗岩。.....	63
照片 2-67	烘爐山玄武岩。.....	63
照片 2-68	基隆山石英安山岩。.....	64
照片 2-69	小觀音山玄武岩質安山岩。.....	64
照片 2-70	大屯山安山岩。.....	65
照片 2-71	金門花崗岩。.....	65

照片 2-72 澎湖玄武岩。	65
照片 2-73 八煙安山岩灰底黑斑是其容貌。	68
照片 2-74 輝石晶體橫截面：菱形六面體肥胖角閃石與細方柱形的瘦長輝石似不難分辨（八煙地區）。	69
照片 2-75 八煙角閃石與輝石斑晶與灰色石基。	70
照片 2-76 八煙輝石斑晶與灰色石基。	70
照片 2-77 八煙純白安山岩：本來存在的黑色角閃石和輝石已全然消失，只於中央偏右處還出現角閃石結晶殘骸。	72
照片 2-78 八煙溫泉湧出處周圍的安山岩都變成白色，乃安山岩質受硫氣與地熱水所改變的明證。	72
照片 2-79 八煙溫泉水面下的安山岩皆變成白色，證明溫泉具有漂白安山岩的功能。	73
照片 2-80 八煙酸性溫泉和高溫蒸氣以其活潑的化學性衝擊其所接觸到之安山岩；安山岩則與其產生互動調整其組成和組織，以達到新的穩定狀態，其過程即所謂之「熱液換質」。	74
照片 2-81 安山岩受硫氣、溫泉之作用，首將其中之角閃石礦物溶解而留下了殘骸（八煙地區）。	74
照片 2-82 八煙熱液和高溫蒸氣自滲入岩體之裂縫，進行其換質作用，中心較新鮮安山岩尚未完全變質之殘核。	75
照片 2-83 八煙不同程度的換質帶成層環繞核心形成一朵熱液換質玫瑰。	75
照片 2-84 小油坑熱液換質明礬石化安山岩，其質細膩如黏黏土。	76

- 照片 2-85 小油坑熱液滲出安山岩面時，沉澱出來的如結晶。
.....76
- 照片 2-86 如雪花石膏般潔白美麗的結晶，似是明礬石一類的
硫酸岩（小油坑地區）。77
- 照片 2-87 小油坑熱液換質的多孔狀矽化安山岩面，由細粒微
小結晶的石英類（ SiO_2 ）礦物所組成。77
- 照片 2-88 八煙僅見於溫泉水中的綠色外觀之安山岩，是否為
「綠礬」沉澱物，尚有待求證。78
- 照片 2-89 磺溪是一條美麗的紅色河流。79
- 照片 2-90 浸潤於磺溪溪水中的紅色集塊岩與安山熔岩石塊。
.....79
- 照片 2-91 八煙角閃石受熱液換質而變成氧化鐵。... 80
- 照片 2-92 八煙二價鐵溶解強酸性溫泉中。80
- 照片 2-93 八煙在空氣中二價鐵氧化成三價鐵而沉澱
在岩石表面。80
- 照片 2-94 八煙硫氣孔與黑皮石。81
- 照片 2-95 八煙黑皮所包裹的是蛋白石化或明礬石化的白化
安山岩。81
- 照片 2-96 八煙黑皮包裹氧化鐵。82
- 照片 2-97 八煙溫泉溪水下，唯見白化安山岩；黑色硫化鐵和
赤色氧化鐵只見於水面上，足見溫泉水質不容許此
二種礦物的生成。82
- 照片 2-98 遠眺癩痢七星與滑頭大屯。84
- 照片 2-99 大屯山山勢曲線平滑、柔順。84
- 照片 2-100 七星山峰頂塊壘起伏。85
- 照片 2-101 七星山山峰佈滿大小不等之火山熔岩角礫。 ...85

- 照片 2-102 大屯山層層重疊的三角狀岩壁正是逕流沖蝕、長期淋漓高傾角層狀熔岩流的結果。……………86
- 照片 2-103 夢幻湖應是火山爆發時岩漿上升途中又縮回而造成陷穴。……………87



摘 要

關鍵詞：火山、後火山活動、火山岩、熱液換質

一、 研究緣起

陽明山為唯一之火山國家公園，其諸多火山現象可用以解釋火山活動之各種原理，以增加國人對火山之瞭解。

二、 研究方法及過程

研究方法與過程如下：

1. 火山學課題之研析；
2. 陽明山國家公園已出版有關火山之研究；
3. 野外火山地質風景之普查與個案篩選；
4. 個案研究；
5. 結論與建議。

三、 重要發現

本研究發現陽明山國家公園內之火山現象有諸多足以揭露火山學基本原理之明顯及隱晦之現象，其事實之記述及成因之探索，可使本國家公園之知性旅遊為之多彩而豐富。

本研究共記述二十三類地質風景：
地形類四項；礦物二項；後火山活動四項；熱液換質二項；火山成因七項；火岩岩成因二項；動植物生態二項。

四、 主要建議事項

本研究記述本國家公園二十三項地質風景，乃前人未曾記述之火山現象與成因，可作為解說教材。

ABSTRACT

keywords : volcano, post-volcanic activities, magma, volcanic rocks, hydrothermal alteration

Yamgmingshan National Park is unique in its volcanic landscapes. The present study is to find out those volcanic and post-volcanic features which are observable in the field and also are interesting and educational from the view point of a geologist, and to make scientific accounts for the benefit of ecotourism.

A total of twentithree subjects are identified, including the followings:

1. Shape and structure of volcanoes.
2. Andesite and related igneous rocks.
3. Origuin of igneous rocks.
4. Hot spring and sulfatara.
5. Minerals.
6. Hydrothermal alteration.
7. Others.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

台灣有六座國家公園，各有其特色。陽明山國家公園是座火山國家公園，全台獨一無二，因此其風光景色必然迥異於他處者。

縱觀世界奇景探勝，無不以特殊地形景觀為主題，而融入氣候、植物、動物以及人文之特色，以構成天、地、人渾然一體之景觀體系。

此因任何生態系皆以地形和氣候為其樞紐，從而決定了其植物群落和動物品類；而人類之文化也就在如此構成之基礎環境中孕育而出。此所以任何一處之風光景色必然可從其地形、氣候、植物、動物、人類活動歷史等其中之任一因子切入，而帶出包含所有因子在內的鮮活的生態系容貌。

而由於世人處在大自然中時，眼光首先被特殊地貌所吸引，然後漸及於其關連因子，因此從特殊地形景物切入，以帶出獨特生態系，乃呈現風景之基本法則。本計畫即擬以此手法表現陽明山火山地質風景的面貌與內涵，以記述可親眼目睹之地質風景方式，發掘其相關物事及其所代表的知性系統。

第二節 內容與作業流程

一、內容

風景是自然景物入於目所產生之視覺與心像；記事是事實的記載。

地質風景乃地質與地形呈現於地表之景象，擇其足可豐富生活與遊憩之知性內涵者，加以記述是為地質風景記事。

陽明山國家公園乃全國獨一無二之火山國家公園，其地質風景記事以陽明山火山景物為本，藉以敘述火山林林總總的事物。本記事之目的在替讀者觀察可親眼目睹的火山種種現象，並加以推理說明，所謂「即物論理」是也。所謂「即物」是就遠在天邊近在眼前的風景素材信手拈來，而「論理」者是以簡易而可直捷訴諸邏輯心智的方式，說出一番因果道理，而仍不離眼前物事。

換言之，本計畫不事抽象之學術性論述，而以讀者能夠親炙之而瞭然於心之常理為訴求原則。

既是國家公園，信步走來寓目之形與色無一不是風景。所以風景不待編織而自成其體系：緣隨而因俱。是以信手拈來之景物似無系統實則自成系統：系統乃心智上產生美感不可或缺之元素。

職此之故，本計畫所記述之景物各以獨立記事之體裁呈顯，以方便隨性選讀，而不作學理系統之編輯。

本計畫記述之地質風景包括火山地質、火山地形、後火山活動、火山與地體構造、火山資源、自然災害、人文景觀等諸大項。

二、作業內容與流程

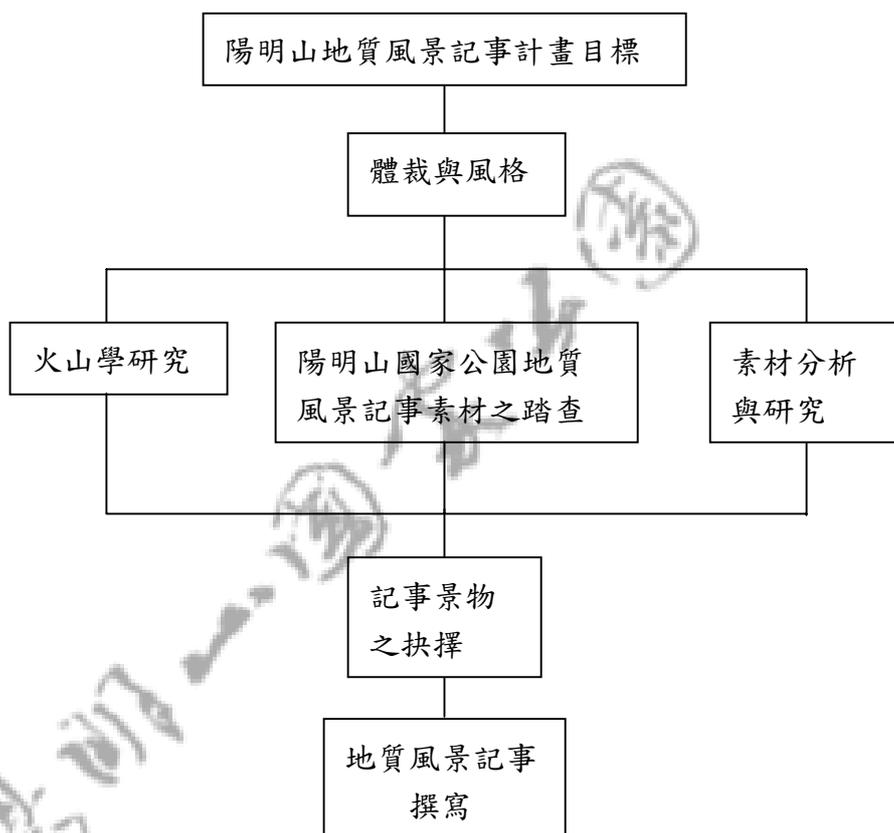
本研究計畫之工作以火山地質為基礎，以記述陽明山國家公園之火山為對象，而以替有好奇心之讀者遊客觀察彰明而隱晦之火山地質現象，並旁徵博引相關物事，以證其存在道理為目標，而以使讀者因困惑之現象終獲趨近完滿之解答，而產生知性美感為心願。

為此，每則記事皆以所欲探討之景物照片為開頭，從而以資料逐步擴充其視野與深度至常識可了解者為其限。此外，為方便有心讀者之近一探究，記事中第一次提到之專有術語均附註原文。

文中每禎照片並註明其地理位置或賞景據點，以使讀者得按圖索驥。

陽明山國家公園地質風景記事調查研究

本計畫之作業流程如次：



第二章 火山地質記事

第一節 擋住北風的屏障



照片 2-1 七星山、小觀音山、大屯山等三山一體之景像。

從台北市市中心的空曠處或高處北望，在穹窿下所看到的高聳、靜謐而且近乎神聖而優雅的七星山、小觀音山、大屯山等三座火山連成一體的天際線，即是我們心中的大屯火山群的南向面影。

大屯火山群的主要山體劃為陽明山國家公園：所以陽明山國家公園是座全國獨一無二的火山國家公園。

七星山、小觀音山和大屯山是大屯火山群約十五座火山體中最高的三座火山，其海拔分別是 1,120、1,060、1,077 公尺，也是三組山系的龍頭，分別組成七星山系、小觀音山或竹子山系，和大屯山系，合稱為大屯火山群。



照片 2-2 七星山海拔 1,120 公尺，為大屯火山群中最高峰。



照片 2-3 大屯山海拔 1,077 公尺，為大屯火山群中第三高峰。



照片 2-4 小觀音山海拔 1,060 公尺，其高度在大屯火山群中排名第四。

由於大屯火山群是從台北盆地淡水河岸和北海岸拔起一千多公尺，其海拔高度也是從台北盆地所看到的地形高差，是以山雖不高，卻有挺拔雄偉之勢，而其雄踞台北盆地之北，擋住凜冽北風，營造適合發展成大都會的山水格局，使其儼然有台北都會區守護神的氣慨；試想：若無大屯火山群東西超過二十公里的山嶺，則台北盆地將只是一個朝向凜冽北風的大喇叭口窪地而已：在風口下的台北盆地，其是否仍可有今日舒適之天然環境和繁榮的人文景觀，是大可懷疑的。



照片 2-5 大屯火山群守護著台北盆地，擋住凜冽的北風吹襲。

此外，七星山、小觀音山、大屯山等三座高大火山體所圍繞而成的南向太師椅型地區，亦即自小觀音山南麓為頂點，東沿七星山麓，西順大屯山邊，放射所成的三角形地帶，也以其景物、氣候、溫泉、地勢而成為風景區、溫泉區、高級別墅區、中央集會所、大學、博物院、休閒農業區而發展成具有政治、文化、旅遊重要性的山中精華區，增益了台北都會區的自然與人文的豐富度和多元性。是以我人間接、直接受惠於大屯火山群者不知幾希！

第二節 火山的氣味



照片 2-6 七星山北麓大油坑硫氣孔彷彿如火車頭蒸氣，煙氣裊裊。



照片 2-7 七星山西坡小油坑硫氣孔終年不斷在冒著白色煙霧。

人說陽明山是火山地區。它的第一個證據就是空氣中刺鼻的硫磺氣味。硫氣是從地殼裂隙冒出來的火山氣體 (Volcanic gas)。火山氣體隨著火山爆發而從火山口噴出；火山活動停止後，火山氣體仍會從斷層等地層破裂處繼續噴出於地面，並持續相當長久的時間。陽明山區內可聞到硫氣，所以足以證明本區是火山地區。惟構成陽明山國家公園主體的大屯火山群最後一次的火山活動發生於約三十萬年前的紗帽山噴發，所以陽明山的噴氣活動已持續了三十萬年。而也由於硫氣的持續散逸，才使我們得以直接見證大屯火山群曾是個活的火山。



照片 2-8 馬槽硫氣孔。



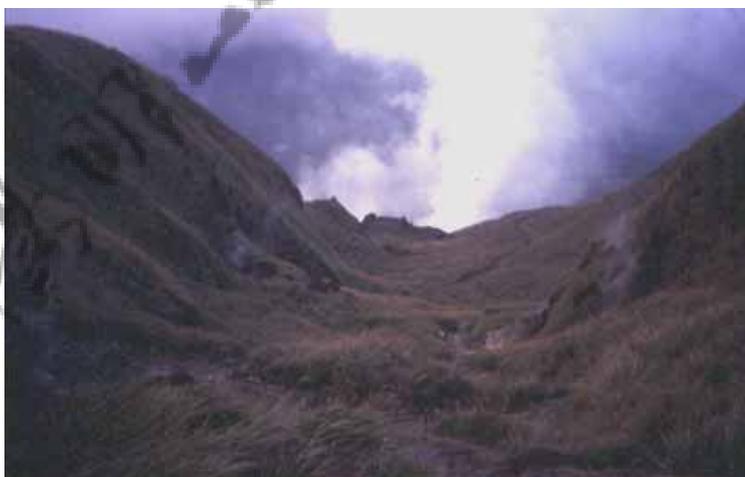
照片 2-9 八煙附近硫氣孔。



照片 2-10 大磺嘴（龍鳳谷）地區硫氣孔。

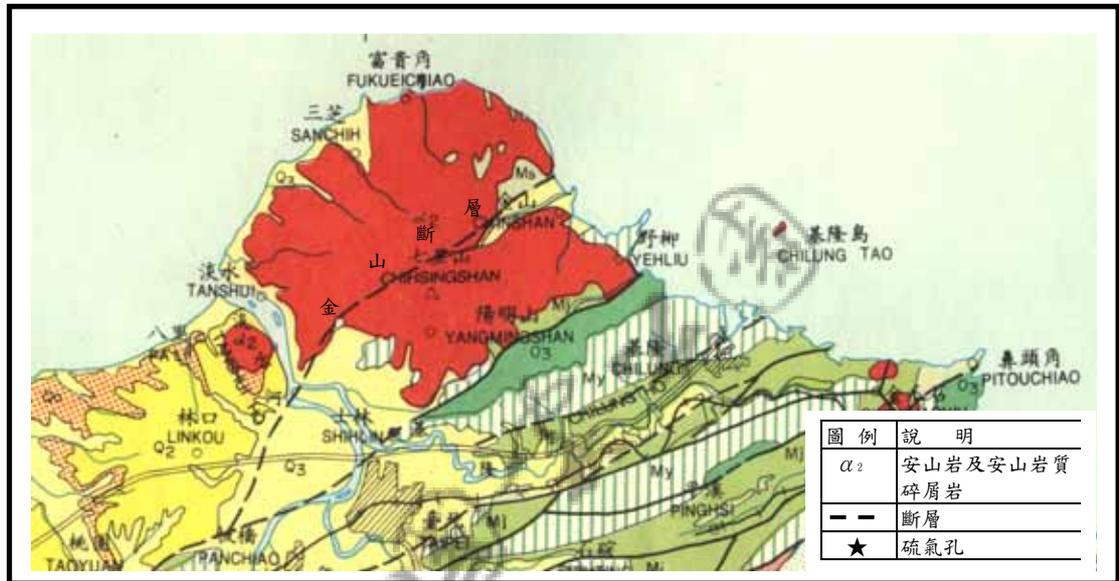
當火山只噴出氣體時，就表示火山活動已進入最後的噴氣期(Fumarolic stage)。這個階段的火山活動因已無固態和液態的火山物質的拋出，而只有氣體的噴出，故稱之為「後火山活動」(Post-volcanic activity)。

所以大屯火山已進入後火山活動的噴氣期。噴氣孔噴出硫氣的叫硫氣孔(Solfatara)，都有一個分布中心。陽明山的硫氣孔就集中分布在七星山西北側的大、小油坑、馬槽、七股、火庚子坪等北磺溪谷地和南磺溪的大磺嘴。北磺溪谷位置恰與金山斷層一致，故此推斷兩者應有成因上的關聯。大磺嘴硫氣孔雖然距離稍遠，但遠距噴氣孔有地下通路相連的情況並不少見，所以南、北磺溪的硫氣孔也可能屬於同一裂隙系統的噴氣孔。



照片 2-11 七星山山坡上，分布著硫氣孔。

圖 2-1 大屯火山群地質圖



(資料來源：修改經濟部中央地調所，(1986))

研究顯示：噴氣孔噴出的氣體成分、溫度和濃度等乃隨著時間和空間而變化。換言之，同一處噴氣孔之噴氣強度隨時光之流失而趨於衰竭。例如在大油坑、小油坑、七股等噴氣孔分布區，都有一些表面被露黑色硫化鐵的石頭已經不冒氣的硫氣孔，表示本區的噴氣活動已經在衰竭中；而且距離噴氣孔中心越遠的噴出孔其衰竭程度越甚。例如冷水坑、大磺嘴硫磺礦區等外圍噴氣孔幾乎已經沒有了噴氣活動。又伴隨噴氣孔而生的溫泉水質言，也是從分布中心的硫酸鹽泉向外圍移化為碳酸鹽泉。

陽明山地區硫氣孔的地理分布和噴氣的強弱、有無，敘述著火山活動的盛衰變化。



照片 2-12 八煙地區已不冒氣的硫氣孔。



照片 2-13 八煙黑色硫化鐵皮的安山岩。

第三節 硫氣與溫泉



照片 2-14 七星山西麓小油坑噴氣量小時，氣如游絲，不絕如縷。

七星山西側山腰上的小油坑是遊客最多的硫氣孔，因其不僅可近距離觀察噴氣景觀和噴氣引起的地質現象，最重要的是其激烈的噴氣現象可藉以體驗和想像舊日火山爆發的景象。

然而小油坑的噴氣量時大時小；小時氣若游絲，不絕如縷；大時則氣勢澎湃，大有震懾人心之態。根據觀察，硫氣孔噴氣的大小是與降雨量有明顯之關係：雨量豐沛則氣勢大，反之則小。國外分析顯示噴氣成分百分之九十五以上是水蒸氣，而噴氣量大時，噴出來的氣體的溫度也隨之降低，硫氣濃度也稀釋等現象更可證明噴氣與降水的關係。



照片 2-15 小油坑噴氣量大時，氣勢澎湃，具震懾人心之態。

當水蒸氣在地下凝結成液態水而冒出地表時，若其水溫高於人之體溫或氣溫，則稱之為「溫泉」(Hot spring)。



照片 2-16 北磺溪支流—八煙溫泉。

然因「氣往高處冒，水往低處流」的物理定律，所以有火山必然有噴氣孔，但不必然有溫泉。此因火山岩以多孔隙為特徵，若淺部無儲水層存在時，天水皆下滲而流失，地表遂有氣而無水。所以小油坑、大油坑、七股等處，硫氣孔可一直分布到山坡上，而溫泉則只出現於馬槽、七股等溪底。所以氣與泉在高處是相離，在低處是可以結合。火山溫泉的水含有來自岩漿的「初生水」(Juvenial water)，但隨著火山活動的轉弱，岩漿初生水量逐漸減少，來自天水的地下水的份量日大。因此乾季缺水時，溫泉變成噴氣孔，而雨季時，又出現溫泉。所以硫氣與溫泉時有相互移化的現象。

火山氣體會溶在溫泉水中而決定溫泉水質。所以溫泉水質是對應於火山氣體的成分：硫氣孔區的溫泉多為硫酸鹽泉，如馬槽、七股；冷水坑的則因已無硫氣的噴發，所以是屬碳酸鹽冷泉。



照片 2-17 冷水坑地區碳酸鹽冷泉。

第四節 橫看側看皆成峰



照片 2-18 橫看側看皆成峰的七星山（西向坡）。

蘇東坡雖有「橫看成嶺側成峰」的詩句，然對七星山而言，卻是「橫看側看皆成峰」。蘇氏詩句中，「橫看」當是垂直於山勢延伸的方向看；「嶺」是連綿不斷的山脈；「側看」應是順著山勢延伸的方向看，「峰」是凸出聳立的山體；指的是同一座山所呈現的山勢是會隨著觀賞角度的不同而變換。沉積岩的褶皺山脈一般就有橫看成嶺側成峰的地形特性，如陽明山國家公園東南界上的五指山山脈就是橫看成嶺側成峰的例子。

七星山之所以橫看側看皆成峰，是由於它是一座獨立的錐型火山，而不是一列山嶺中的一個山頭。



照片 2-19 橫看側看皆成峰的七星山（西南向坡）。



照片 2-20 橫看成嶺的五指山褶皺山脈。



照片 2-21 側看成峰的五指山（內湖金面山）。

七星山是一座錐型火山，它是由單一的垂直火山口（Vent）一再噴出的物質堆積在其周圍累積起來所形成的，稱之為「中央噴發型」火山（Central type）。環太平洋火山帶的火山幾乎都屬於此種類型的火山；台灣在環太平洋火山帶上，所以七星山就具有錐狀的形體。

世界上公認的幾近完美的錐狀火山是日本的富士山，而菲律賓呂宋島南方的 Mayon 火山山體之對稱與優美也不遑多讓。這兩座火山共同特徵是雄立的錐狀孤峰下有著和緩而優美的下坡曲線，使其有王者之姿。



照片 2-22 日本富士山。(照片來源：Holmes,1965)



照片 2-23 菲律賓 Mayon 火山。(照片來源：Holmes,1965)

相較之下，七星山在大屯火山群中雖然是錐狀火山的翹楚，其型體之美較之富士山卻略遜一籌。其主要原因是：七星山沒有足夠寬大的空間讓其錐型山體恣意舒展。富士山和 Mayon 火山各在其方圓近一百三十公里範圍內都是一山獨尊，分別挺拔三千八百公尺和二千四百公尺而無與爭峰者，故能有王者之姿。相較之下，在方圓僅九十公里的大屯火山區裡頭，卻擠進十五座以上的火山。在如此相對狹小和擁擠的生長環境中，七星山即使在同儕中如何出類拔萃，自也難能望富士山之項背。可見個體之發展與生長環境之關係的密切，是不分生物與非生物的。

此外，富士山和 Mayon 火山都是最近還在噴發的新火山：富士山最後一次噴發是 1707 年，而 Mayon 火山則近至 1953 年還在噴發中，所以此兩者的山形都是噴發時的原型；反之，七星山約在三十萬年前作最後一次噴發後，三十萬年來風風雨雨的風化作用已經將七星山的外型毀損得失去當年噴發時的英姿自無可疑。

所以今日所見的七星山，乃至於整個大屯火山群的地貌，都是三十萬年來風化侵蝕作用下的殘存形貌。若以台灣北部年平均侵蝕率為 3mm 計算，則三十萬年間大屯火山群被削去的高度當有九百公尺之多。

第五節 火山爆炸指數



照片 2-24 泉源路上的火山熔岩。



照片 2-25 北磺溪岸的火山碎屑岩。

在陽明山國家公園內，沿著泉源路、百拉卡公路、陽金公路等人工開挖邊坡或馬槽等溪谷自然出露的岩壁所看到的岩石，不外是厚實堅硬的整塊岩石和碎石岩塊組成的岩石。前者乃自火山口噴流而出的高溫岩漿（Magma）冷凝而成的熔岩（Lava）；後者則為火山爆發時將火山口附近的岩石爆破，拋至空中，再與自飛濺的岩漿冷固的火山物質一起堆積的火山碎屑岩（Pyroclastics）。



照片 2-26 夏威夷熔安靜的火山熔岩流。



照片 2-27 劇烈的火山爆發。

大屯火山既然有熔岩也有火山碎屑岩，就表示當年火山活動期間，有時是驚天動地的劇烈爆發，有時則是較為溫和的熔岩的流出。

火山碎屑岩多的火山自然表示其爆發作用較為激烈。是以一座火山的碎屑物質的數量佔總火山物質的百分率就稱之為火山的「爆炸指數」(Explosive index)，乃一座火山生成過程中爆炸的激烈程度的指標。環太平洋火山的爆炸指數在 80~90%，而太平洋中的夏威夷火山島則只有 3% 左右。可見同是火山作用，其爆發的劇烈程度是隨其地理位置而極為懸殊。

大屯火山區位於有「火環」(Ring of fire) 的環太平洋火山帶上，其爆炸指數應在 80% 以上。換言之，理論上大屯火山區火山碎屑岩的總體積應是熔岩的四倍。如是，則當我人在大屯火山區走動時，看見火山碎屑岩的機會應是熔岩的四倍。惟根據研究資料，大屯火山群共有十五層的熔岩流和三層的火山碎屑岩。因此火山碎屑岩所佔的比例似不如理論之大。實際上，由於大屯火山群已經歷三十萬年的風化和侵蝕作用，地表上岩性相對軟弱的火山碎屑岩應已流失甚多，而使地表熔岩數量相對增加。另一方面，台灣為亞熱帶氣候，土壤深厚，植被茂密，岩石露出於地表的機會極其有限，也使火山碎屑岩與熔岩比值的評估不易正確。

職此之故，大屯火山當年爆發的劇烈程度如何，爆炸指數知多少，尚有待日後更多的調查資料的佐證。

第六節 堆積起來的火山



照片 2-28 大屯山與任何火山一樣，都是由兼具堆積與造山兩種過程之火山作用所造成的。

大屯火山群是由來自地下的高熱物質直接在火山口四周的地面上一層層堆積起來所造成的山體。所以火山的生成過程既是堆積作用，也是造山作用，其生成速度極其快速。日本昭和新山（有珠火山的寄生火山）方生成於1944~1945年之間。

與此相對的，構成台灣主體的褶皺山脈則由來自陸地的沉積物先在海床上層層堆積後，經過地殼板塊(Plate)的碰撞和擠壓才隆出於地表形成山脈，其整套造山過程需時百十萬年（西部麓山地質區）至千萬上億年（中央山脈地質區）之久。

然而火山龐大的山體也不是一次的爆發作用就堆積成功的，通常是一再地爆發，把噴出來的物質一層層疊置上去才能夠形成巨大的火山山體。據研究：大屯火山群至少有十五層不同的火山岩流和三層凝灰角礫岩。這表示其間至少經過十八次的噴發作用，才造成了今日所見的大屯火山。



照片 2-29 成層火山模型。

由於火山是由火山口所拋出的物質在火山口四周層層堆積而成，其內部具有層狀的構造，故稱之為「成層火山」(Stratovolcano)。單由熔岩或火山碎屑岩構成的火山，都呈層狀。層狀火山中若由熔岩和火山碎屑岩等岩石疊置而成的，則又稱之為「複合火山」(Composite volcano)。七星火山是錐狀火山，有熔岩也有火山碎屑岩，所以是複合型成層錐狀火山。

複合型火山噴發的程序通常是激烈的爆發作用打開了岩漿通路的火口 (Vent)，路通後，岩漿才跟著流出地表；而當火山口終為凝固的熔岩所封閉時，就進入休眠狀態，暫時停止噴發作用，要等到火山口底部的岩漿和氣體凝聚足夠強大的壓力時，才再度衝破頂部岩層而重啟激烈噴發的火山活動。如此一動一息稱為火山活動周期。火山活動旺盛時期，其周期不過數日，有的則達數十萬年之久。

澎湖和夏威夷火山島以熔岩為主，所以知其係以溫和地冒出熔岩的方式進行火山活動（Quiet eruption），而少有激烈的爆發現象（Violent eruption）。



照片 2-30 澎湖貓嶼熔岩地形。

凡是堆積而成的岩石，不論是在海底沉積或火山堆積，都必然成層而且上下疊置：先生成的岩層在底下，後生成的覆蓋在其上面。所以分析最下面的一層岩石和最上面的一層岩石的生成年代，就可以知道整套岩層的生成時代和間隔。例如大屯火山群的火山岩經過鉀—氬定年分析之結果顯示其噴發約始於二百五十萬年前，而終於二十五萬年前左右。

第七節 寄生火山

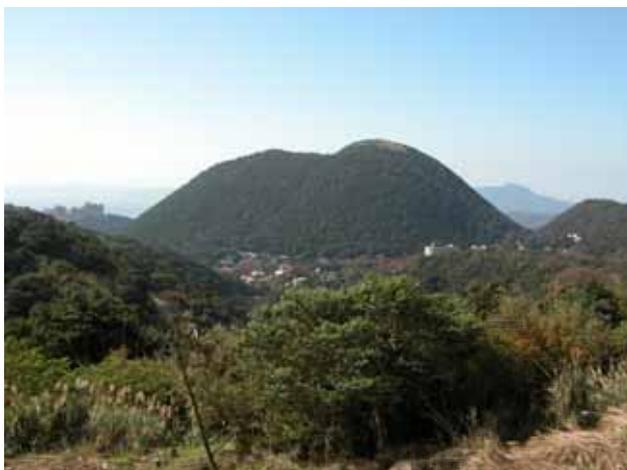


照片 2-31 紗帽山是七星山的寄生火山。

七星山南側有一座造型很別緻的獨立小型火山叫紗帽山，以其形狀得名。據研究：紗帽山是七星山的寄生火山(Parasitic cone)，顧名思義是寄生在七星山的火山。

當火山的中央噴火口被熔岩等火山物質塞住，而其底部又有大量的火山物質聚集時，岩漿和火山氣體就會被迫在中央噴火口之外另找壓力較小的地點噴發出來，而形成了其主山的寄生火山。所以寄生火山都生成在其主山的周圍，而且型體也較小，故又有「衛星火山」(Satellitic volcano)之稱。

寄生火山的噴火口(Vent)一定在底部與主山的噴火口相連，而與主山共有相同的一個岩漿庫(Magma chamber)，但其位置或在其主山的山坡上，或與主山山體不相連接；紗帽山就屬於後者，因此在地形上是一個與七星山不相隸屬的獨立山體。



照片 2-32 紗帽山為七星山之寄生火山。



照片 2-33 菜公坑山是大屯山的寄生火山。



照片 2-34 大尖山是磺嘴山的寄生火山。

錐狀火山大多有寄生火山。這是因為錐狀火山的岩漿比較粘稠，其噴火口容易被快速凝固的熔岩所堵塞，而迫使其底部的岩漿和火山氣體在他處另覓出路而形成寄生火山。根據統計，凡主山山體越龐大者，寄生火山的數目就越多：例如日本富士山有八十個寄生火山，而義大利西西里島上歐洲最高的埃特納(Etna)火山則有多達二百座的寄生火山。

相對的，七星山只有一座紗帽山是寄生火山；磺嘴山也有一座大尖山是其寄生火山；而大屯山北面的菜公坑山也是它的寄生火山。由此可知，大屯火山群的諸火山都屬小型的火山，所以其寄生火山不僅體型小，數目也少。

第八節 鐘型的紗帽山



照片 2-35 鐘型的紗帽山。

紗帽山是一座小型火山，它的山勢收斂，四壁陡峭，長像較像鐘型不似錐狀型，故有鐘型火山之稱。火山之所以鐘型，乃因其自中央噴火口流出的岩漿的粘稠度(Viscosity)大而流動性(Fluidity)小，所以流出不遠就凝固不動，以致熔岩聚集堆積在火山口附近地區而造成陡峭山坡所致。

換言之，流動性較大的岩漿就可以從火山口流得遠遠地，而形成錐狀山體，如七星山、富士山；而流動性更大的，一出火山口就流走，形成山峰扁平，山坡極為和緩的盾狀火山(Shield volcano)，如澎湖和夏威夷近乎平頂的火山島。



照片 2-36 山勢和緩的澎湖鐵砧嶼。

岩漿中粘稠度最大的，則當其還在地底下深處就凝固而形成深成岩或侵入岩體，毫無機會冒出地表形成火山，如基隆山的石英安山岩和金門島的太武山花崗岩；兩者都是岩體上面厚厚的覆蓋層被侵蝕掉之後才露出地面的火成岩體，而不是火山。

由是可知：火山的形狀並非偶然，而是由岩漿的流動性(Fluidity)或黏稠度(Viscosity)所決定。

岩漿乃熔融的岩石(Molten rock)，含有矽鋁質和鐵鎂質的化學成分。氧化矽(SiO_2)是岩漿中最多的化合物，其含量介於 45% ~ 75%。決定岩漿粘稠度的化學因子就是岩漿中氧化矽的含量：含量多者，其粘稠度大而流動性小，其岩漿不易流動，常未冒出地面就在地下凝固，如花崗岩質岩漿

(Granitic magma)；岩漿中氧化矽含量少者，則其粘稠小而流動性大，其岩漿流動如水，出火山口很遠才逐漸凝固，如玄武岩質岩漿 (Basaltic magma)；其介於兩者之間者，則為安山岩質岩漿 (Andesitic magma)，大屯火山群的岩漿屬之。

台灣北部諸火山岩和金門火成岩的岩漿性質如下表：

表 2-1 台灣北部諸火山岩和金門火成岩的岩漿性質差異性比較

火山	烘爐山	大屯火山群	基隆山 (侵入岩體)	金門太武山 (深成岩體)
岩漿	玄武岩質 (Basaltic)	↔ 安山岩質 (Andesitic)	↔ 石英安山岩質 (Dacitic)	↔ 花崗岩質 (Granitic)
主要礦物	鐵、鎂、長石	長石	長石、石英	石英、長石
氧化矽含量	45 (基性)	—————→		75 (酸性)
爆炸指數(E)	<3	>80		
黏稠度 (流動性)	小 (大	—————→		大 (小)
產狀	熔岩流	劇烈爆發	在地下冷固	

然而根據大屯火山區地質圖的資料，七星山和紗帽山的岩石都屬成分相同的安山岩（紫蘇輝石角閃石安山岩），表示兩者的岩漿成分應無太大的差異，因此兩者表現在山型上的黏稠度的差異，應於岩漿化學成分之外另有原因。而岩漿溫度以及岩漿中所含的水分等揮發性物質(Volatile matter)的多寡是化學因子之外的兩個影響岩漿粘稠性的物理因子。所以只有當岩漿的溫度和所含揮發性物質之條件相同時，氧化矽的含量才是唯一的岩漿流動性的決定性因子。當然岩漿流動的山坡面的陡峭、和緩也影響岩漿的流速。

職此之故，宏觀地看，山型乃岩漿化學性質的指標是毫無可疑，但如大屯火山群間不同山型的進一步分辨，就不得不以今日已不復可予求證的岩漿溫度和揮發性物質含量兩因子來作推論。

第九節 斷層與火山

圖 2-2 大屯火山群之斷層分布圖



(資料來源：修改中央地調所，1986)

「為什麼台灣島北端會有火山？」是個很自然會產生的地質學上的疑問。有些文獻說大屯火山區的東南界是崁腳斷層，而金山斷層則穿過本火山區的中央，所以大屯火山活動應該與這兩條地殼裂痕有關係。

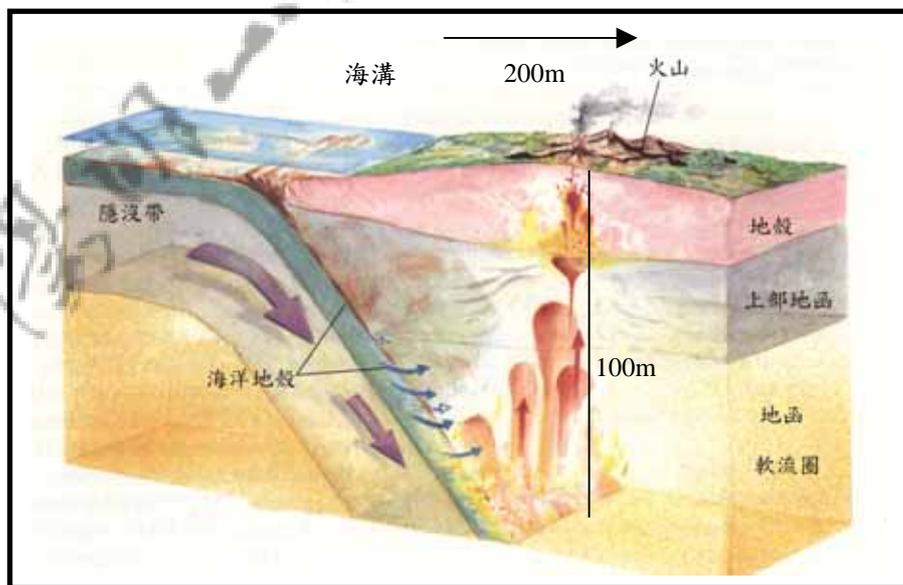
然而若根據已經可以合理而系統地解釋地震、地殼變動、火山活動等地學現象的「板塊學說」(Plate tectonics)，則台灣北部的火山應是：太平洋板塊潛入其西邊的歐亞陸塊之下時，由於兩個板塊相互摩擦生熱而使該處的岩石熔融所生成的岩漿冒出地表造成的。

太平洋板塊隱沒入歐亞板塊之處，由於板塊間的摩擦和拖拉，恆形成海溝，其在台灣北部海域者即是「琉球海溝」。而火山密集之處通常位於距海溝約二百公里的陸側，而該處的太平洋板塊隱沒帶(Subduction zone)約在地面下一百公里深處。

地表下一百公里深處的物質稱為「軟流層」(Asthenosphere)(上部地函(Upper mantle))，而岩漿即生成於該處。

台灣北部火山東距琉球海溝約二百公里，所以其岩漿應來自其下一百公里深處的太平洋板塊的隱沒帶。因此在理論上，大屯火山的生成和崁腳及金山兩斷層等深度只有數公里的地殼裂隙應該沒有成因上的直接關係。

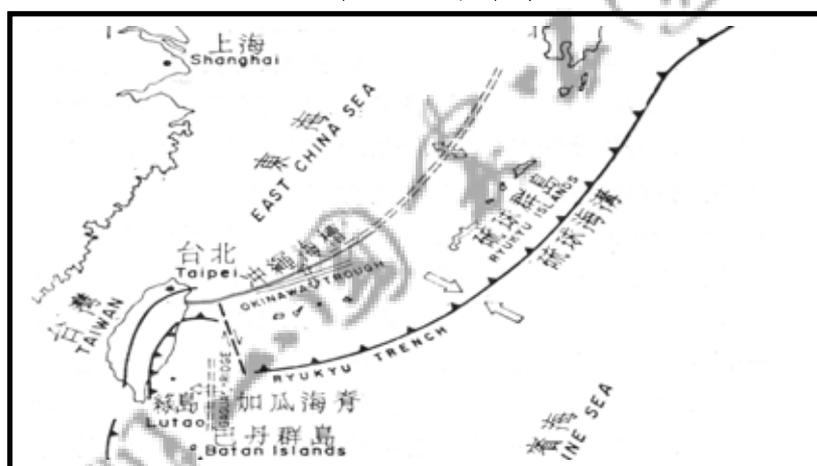
圖 2-3 板塊隱沒帶內側火山作用



(資料來源：Chernicoff & Venkatakrisnan,1995)

值得一提的是：台灣北部位居琉球島弧的末端，而琉球海溝也終止於花蓮東側一百多公里之處，而沒有連接到台灣。此一地體構造上的特徵說明為何琉球群島上仍有活躍之火山活動而台灣大屯火山群則於二、三十萬年前即已經休止。

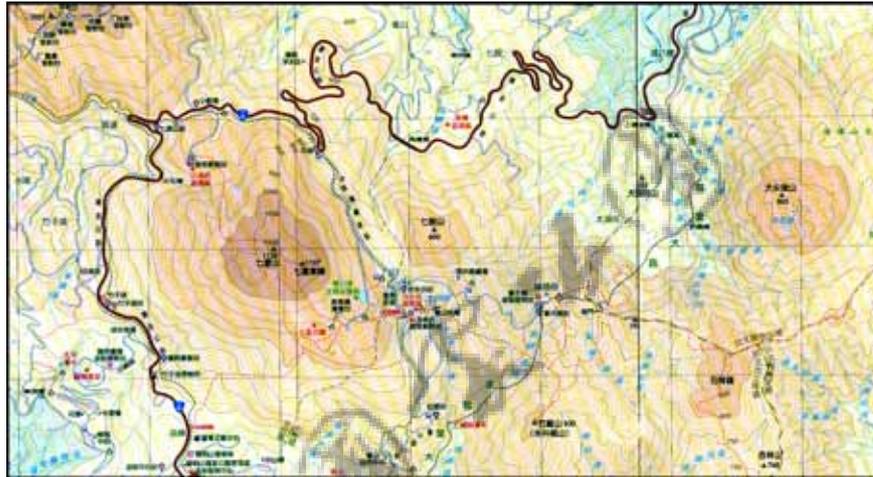
圖 2-4 琉球海溝



(資料來源：何春蓀，1982)

第十節 孤山與連峰

圖 2-5 七星山系的獨立錐狀火山區地形圖



大屯火山區有三類火山體結合的形式而明顯表現在山體的空間結構上面。

第一類是七星山系的獨立錐狀火山區，主要包括七星山、紗帽山、大尖後山、磺嘴山、七股山等錐狀火山。錐狀火山從任何一個方向都是錐狀山體，乃各火山之火山口有相當之間隔有以致之。

第二類是大屯山系的連峰錐狀火山體，包括大屯山諸峰以及面天山、向天山、二子山、菜公坑山、烘爐山、百拉卡山等山體。各山體之間在山腰處相連，乃各火山之火山口密集在較小空間內所致。

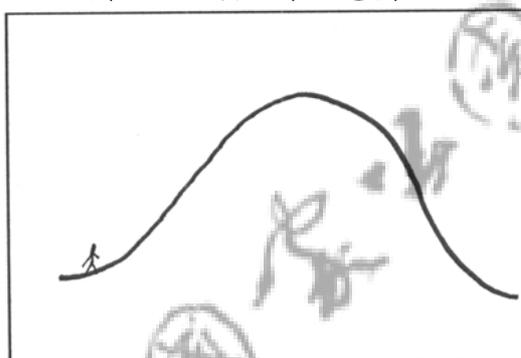
第三類是竹子山系的直線山嶺狀火山群，包括小觀音山、嵩山、小嵩山、竹子山等排在一條直線上又比肩緊挨在一起的火山，各火山在肩部以下相連，所以各自山體輪廓模糊，乃一條裂隙上的火山口密集噴發，使其所成山勢有橫看成嶺側成峰的形貌。

登山路線透露了所攀登的火山體的山勢：

(1) 攻頂型路線：山麓→山峰→山麓

【獨立錐狀火山（七星山、紗帽山）】

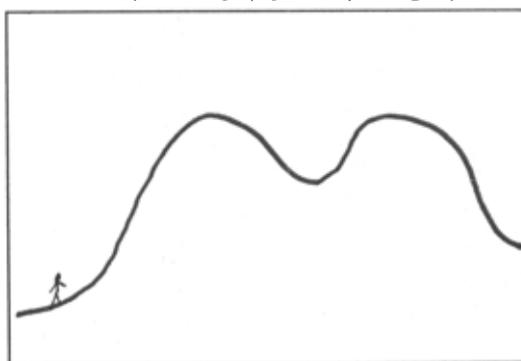
圖 2-8 攻頂路線示意圖



(2) 連峰型路線：山麓→山峰→山腰→山峰→山麓

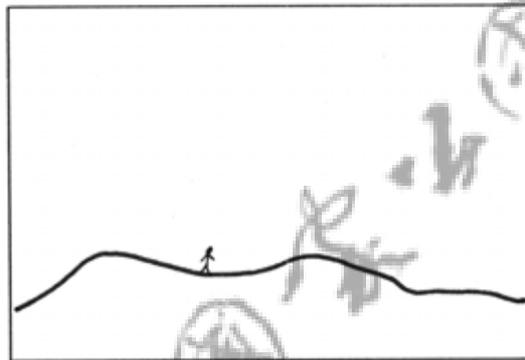
【腰部相接連峰（大屯山系）】

圖 2-9 連峰型路線示意圖



- (3) 縱走型路線：山麓→山峰→山肩→山峰→山麓
【肩部相接連峰（竹子山系）】

圖 2-10 縱走型路線示意圖



第十一節 火口在那方？

火山是從噴火口噴出的火山物質堆積成功的山體。所以火山口是火山體的中心，是火山岩的源頭。因此在火山區內任何一個地點看到火山岩的露頭時，心中自然會推想這些岩石的源頭的火山口的方向以及其所屬的火山體是那一座火山。

此一問題的求解，存在於建立一條從所站立的地點或視線所及的某個目標點，指向火山口的邏輯連線的可能性。以下是幾種簡單而有效的方法，可藉以追尋火山岩石露頭的源頭。

(1) 從屬高低法：

基本原理是一火山區域內任何一個地點必然是在其所屬的火山體的地形系統內，且其高程低於其火山口。

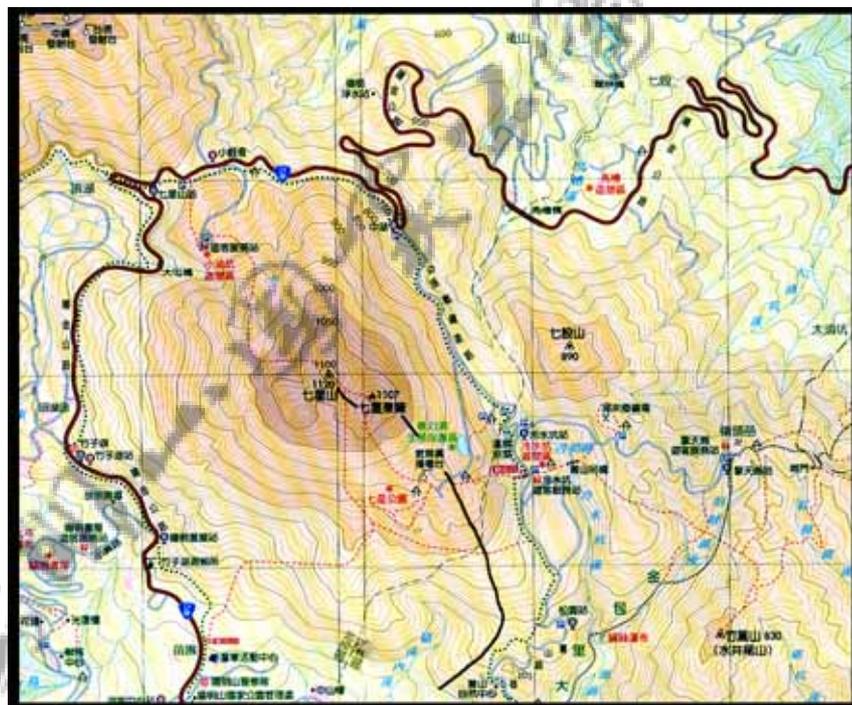
因此，要確定火山口的方向或位置，只要從立足點一直向上爬升，直到最高點，就可到達或接近火口的地點，一如獨立錐狀火山的攻頂路線。

應用等高線地形圖也可以依相同原理輕易達到相同的目的。其法是從圖上的立足點畫一條垂直於等高線的上坡路線直至最高點，再自該點畫一條同樣的上坡垂直線至其最高點；如此重複進行直至最終的最高點就是目標之所在。

茲以立足點為國家公園菁山自然中心為例，求其所屬火山或火山口的地形圖作圖法如圖之連線所示，其終極最高點是七星山頂。

地形圖作圖法可讓我們隨時大致無誤地確定火山區內任何一點的歸屬，而藉以掌握我人所規劃的遊憩路線的火山地質空間區位，效用極大。

圖 2-11 從屬高低法—以菁山自然中心為例

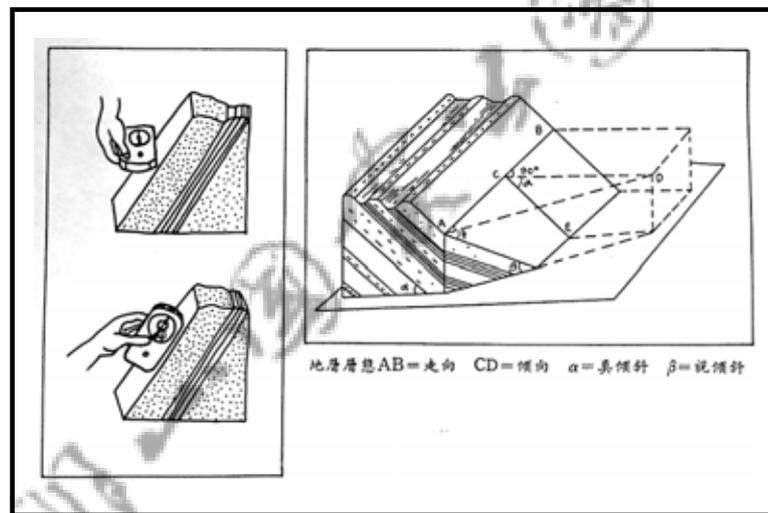


(2) 岩層面層態 (Attitude) 法：

基本原理是一任何火山不論其為熔岩流 (Lava flow) 或碎屑岩(Pyroclastic flow)或兩者共組之複合型火山，其組成物質皆成層堆積，故稱之為成層火山。由於火山是從火山口向下堆積，故其岩層面必然自火山口向下坡方向傾斜，所以找到傾向面就可以逆推其火山口方向。

「層態」是岩層面的水平的延伸方向，稱為「走向」(Strike)，和垂直於走向的傾斜方向，稱為傾向 (Dip)。所以要知道傾向就須先知其走向。準確的量法要使用羅盤或「傾斜儀」，遊客用目視判斷沿層面的傾斜方向就可作大致之推斷。

圖 2-12 岩層面層態法



清晰的岩層露頭是應用此法的先決條件。然而由於大屯火山區的土壤和植被茂密，露頭不多，岩層面的露出更少，所以此法少有運用之機會。

然因熔岩流所構成的傾斜地形面或其輪廓也有類似的指標性，可作為本法之簡易替代法。

(3) 熔岩流紋法：

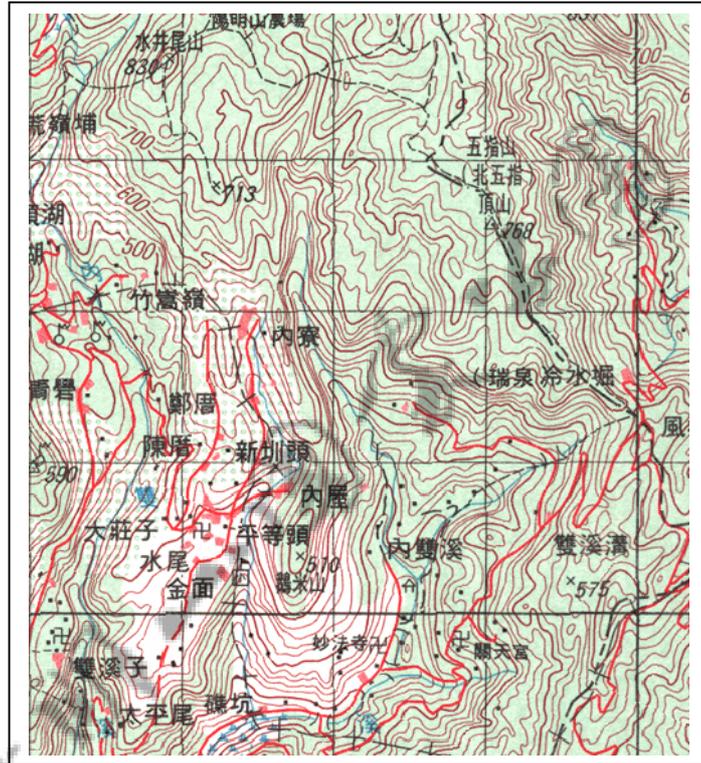
基本原理是一當岩漿自火口流至地表時，若其溫度高於 700°C 以上而仍具相當高之流動性時，則岩漿中已經結晶出來的黑色鐵鎂質矽酸鹽(Ferromagnesian silicates)柱狀礦物（角閃石、輝石）常順其流路而作平行排列，稱之為熔岩之流紋構造(Flow structures)。流紋必然平行於熔岩面，所以流紋之上坡延長方向遂亦可為其火口方向之指標。但滾動過的安山岩岩塊，已失去方位的代表性，所以辨識流紋方向之前須先研判該岩石是否為滾石。



照片 2-37 熔岩流紋法—小油坑安山岩流紋。

第十二節 陵谷易位

圖 2-13 鵝尾山地區地形圖



陽明山國家公園南端，士林區平等里的東側，有一座高 521 公尺的鵝尾山，它是從擎天崗附近的竹篙山分支南來的一條長約四千五百公尺的細長山脈高起的末端。此山脈乃由東側的平林坑溪和兩側的礁坑溪所夾，兩者都是由北向南注入內雙溪的溪谷。



照片 2-38 鵝尾山自竹篙山分出之頭部。



照片 2-39 鵝尾山之中段。



照片 2-40 鵝尾山之尾段。



照片 2-41 夏威夷熔岩流流動。

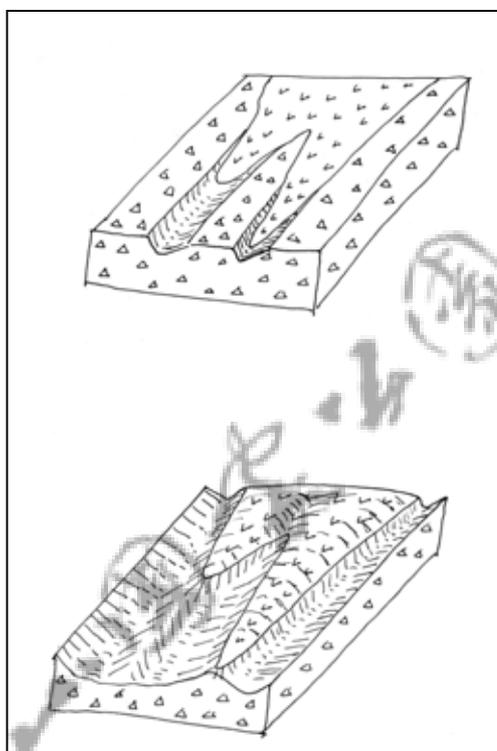
這條地形上突起的山陵是由從火山口噴出的岩漿凝固所構成的。

岩漿是溫度約 900°C 左右的高熱流體於流出噴火口後，在重力作用下順著下坡低窪坑谷流動並隨著溫度的下降逐漸凝固成為熔岩流。

當岩漿所流動的山坡是由火山碎屑岩等岩質較為軟弱的岩石所構成時，則在「軟土深掘」的差異性風化和侵蝕作用的原理下，原來嵌在溪床上的長條形堅硬熔岩遂在其兩側碎屑岩被流水侵蝕消磨而成為溪床的情況下，逐漸突顯變成山脊。

鵝尾山長條山脈就是在大屯火山群三十萬年來差異性的風化侵蝕作用下，產生地形作用上陵谷互易現象。

圖 2-14 陵谷易位示意圖



此種陵谷易位現象在由堅硬的熔岩和相對軟弱的火山碎屑岩鄰接並置的火山岩地區極容易發生，此種作用的最終結果將使堅硬的熔岩逐漸成為地表崢嶸突出的陵峰，而軟弱的火山碎屑岩則在無情的流水沖刷下漸次消沉而為溝谷。

實際上豈止是大屯火山區如此，雖然地表初生成時即分高下，開始經歷強度不一之侵蝕作用，但其後即依岩石的強弱分其陵谷。所以差性的侵蝕作用是地質學上的普通法則。擴大而之，人類社會之陵谷亦何嘗不是遵循此一原理，故有男兒當自強之說。

第十三節 擎天崗草原



照片 2-42 擎天崗大草原。

擎天崗大草原是陽明山國家公園一大勝景：緩起伏的草地上既可在清風雲影下放縱地追逐，也可幕天席地讓意識只剩下藍天白雲或閃爍的星星；而痴坐在向海的陡崖上，太平洋上浴著白浪的基隆嶼和緩慢漂浮的船隻，其不似人間的景色，即使著名的紐西蘭海岸亦不如也。



照片 2-43 躺在草原仰望藍天白雲。



照片 2-44 瑪鍊溪谷與基隆嶼。

擎天崗大草原指自擎天崗遊客服務站 (EL. 750) 至其東南方的瑪蕃山 (EL. 684) 一線的和緩山嶺，其直線距離約 3,200 公尺，高差 66 公尺，平均坡降只有 1.2° 。相較之下，七星山山體在此一面向的坡度則達 17° 。由是可知擎天崗草原地貌的和緩。

地貌之緩、急通常是其山坡組成岩石之軟硬的指標。所以擎天崗和緩的山嶺應是軟弱的火山岩，也就是火山碎屑岩的分布區。

實際上在擎天崗上平坦的草原大多鋪著一層柔軟的土壤，即使是在上面平躺或翻滾都不會有扎人的石粒，應是由細粒的火山灰或火山岩已然完全風化變成的土壤所構成。



照片 2-45 柔軟舒適的草坪，幾乎全無令人不適的石塊。

雖然如此，土壤中的石塊大小和數量卻有隨著草坪的變陡而有增加的明顯趨勢。此因陡坡乃硬岩之指標，所以陡坡實際上是從土壤變成堅硬的熔岩的過渡帶，其岩塊之增加乃理所當然。而擎天崗大草原整體呈階段狀的地貌也正是熔岩流與火山碎屑岩交互噴出與上下疊置的見證。



照片 2-46 石梯嶺的雜木林乃安山熔岩出露處。



照片 2-47 植被之空間交替見證了岩質的空間交替。

第十四節 崗牛徑的圖案



照片 2-48 擎天崗草原上的牛隻。

擎天崗草原原稱大嶺卡，是日治時期就放養水牛的牧場；至今仍有半野放的水牛三兩倘佯於草原和林隙中。

由於陡坡不利於牛隻的活動，所以草原的範圍侷限於坡度和緩的嶺頂和山坡。



照片 2-49 擎天崗和緩山坡成為放牧水牛之草原。

水牛在兩個主要活動區間移動時，必然走出一條寬約二十公分的狹徑。草原雖然頗為寬闊，牛隻之行也，卻必由其徑，而非隨意到處遛達。而且從其寬約二十公分的行跡來看，此背寬逾一公尺的龐然牛體，其行走方式如果不是四條腿併成一直線的淑女型走姿，顯然不可能走出這樣的一條俐落的牛徑來。



照片 2-50 水牛通過區：平坦草地上寬約二十公分的牛徑。

當水牛倘佯於較陡的山坡時，由於要維持其身本笨重身體的平衡，所以都採取儘量與等高線平行的路線行進，其原理與陡坡車道恆採「九彎十八拐」的「之」型設計是一樣的。職此之故，放牧地的陡坡上常可看到斜線不斷交叉的特殊圖案，乍看之下似是陡坡上土壤向下蠕移之結果，實則為之型牛徑重疊使然。

斜坡牛徑的圖案隨山坡坡度和草原寬度而略有變化：一般而言：坡度陡或寬度狹者，牛徑之斜度大；反之則較近於水平。因此牛徑交織而成的大地圖案頗富空間變化之美。



照片 2-51 陡坡草地上的水牛足跡。



照片 2-52 陡坡草地上斜坡交叉之牛徑圖案。



照片 2-53 水牛浴罷上坡足跡（頂山附近）。



照片 2-54 花蓮水璉牛山斜坡上的牛跡圖案。

牛的身上常會寄生一些蝨蠅之類的會使其搔癢的小蟲，而牠的小尾巴雖有拂掃的功能，卻管不到周身。為此，通常是找個泥淖地打滾，藉以去除身上的害蟲。此外就是走入林間，藉身體對樹幹之摩擦以解除搔癢之苦。擎天崗頂山附近有黑森林之稱的柳杉林，沿牛徑可看到被水牛的側身磨光的一排樹幹。另外在林外的一棵半傾的柳杉，其彎成水平的樹幹高度稍低於牛背，適合於水牛搓背之用。由於此類搓背樹可遇而不可求，是以此一搓背樹遂成為擎天崗似乎是唯一的牛群共用的公共設施。



照片 2-55 頂山附近牛隻群打滾地。



照片 2-56 黑森林中牛隻擦身樹幹。



照片 2-57 樹幹被磨光的水牛搓背樹。

水牛似乎是種講究衛生的動物，因為在擎天崗草原上，水牛通過的牛徑上和沐浴的泥淖水池以及搓背場地幾乎看不到牛糞。

牛糞色暗而量多，卻無臭味，又因其含有大量植物纖維，所以印度農家將曬乾以作為家庭燃料。

牛糞長相像隻烏骨雞，而懷有如唐吉訶德般赤子之心的都市登山小孩最喜歡把它當作敵人化身的風車而與它大戰一番，直到讓它萬箭蝟集後才心滿意足地續其旅程，亦是遊擎天崗草原一樂也。



照片 2-58 枯枝刺蝟的牛糞。

第十五節 黑森林中的樹幹



照片 2-59 淺山谷中之柳杉林。

擎天崗往風櫃嘴途中的頂山附近有一處被稱為黑森林的柳杉林，柳杉高逾十公尺，樹齡當在三、四十年之譜，生長在東向注入瑪鍊溪的 Y 型寬淺谷地中。

柳杉林蔭涼清爽，所以登山客多喜歡在此地歇息並觀賞在擎天崗遊憩中唯一之人工林景觀。



照片 2-60 擎天崗草原上唯一之蔭涼清爽之柳杉林。

地形和氣候乃決定生態系的二大樞紐，其對林木生長的影響力卻展示在此小小的呈和緩起伏地貌的谷地中：平坦的谷底，杉木挺拔直立，群樹垂直平行競長，望之頗富向上發展的生機，令人產生舒展開朗之感。



照片 2-61 生機盎然的矗立柳杉林。

然而在向東緩斜的谷地上，群杉卻在晨曦中，大多在離根基稍高處，向西彎曲後直立。



照片 2-62 柳杉林樹幹向上坡微曲後直立生長。

柳杉等喬木由於背地性的作用，其樹幹之生長本是逆重力方向而直立，如生長在平坦谷底者然。所以此處東向斜坡上之樹幹之所以向西彎曲，顯然是在其生長過程的某一階段，樹幹因受外力而傾斜，而後在由其背地性作用轉向直立。

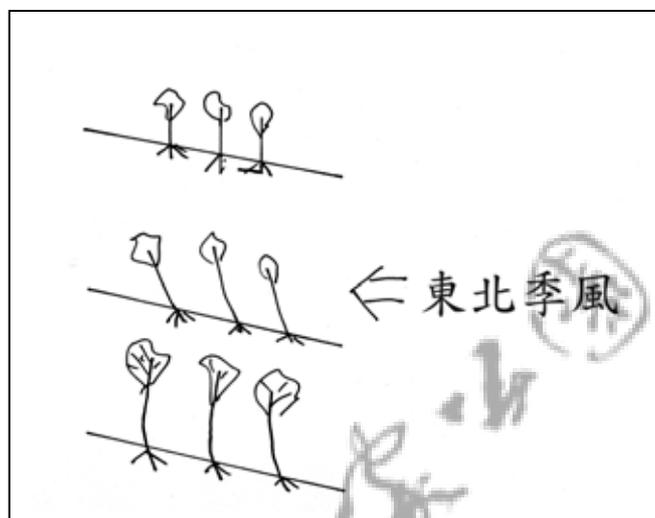
由於本斜坡是朝向瑪鍊溪谷而後者直達東海。因此可以想像的是：促使柳杉樹幹向上坡傾斜的外力應是強勁的東風，更可能是颱風。若此處柳杉的樹齡約在四十年左右，而樹幹在距根基稍高之處彎曲，所以吹斜樹幹的事件當發生於四十年前左右，很可能是 1963 年的葛樂禮颱風吹斜了當年還是幼苗的柳杉林，而引起了下圖所示的連續變化，而導致了今日所見之林相景觀。

可是，黑森林的柳杉並不都是朝上坡或向西邊彎曲：事實上凡是長在山谷兩側陡坡上的樹幹，恆朝下坡彎曲而不分東西，而且彎曲的曲徑大且呈圓弧型。



照片 2-63 朝下坡彎曲的柳杉樹幹。

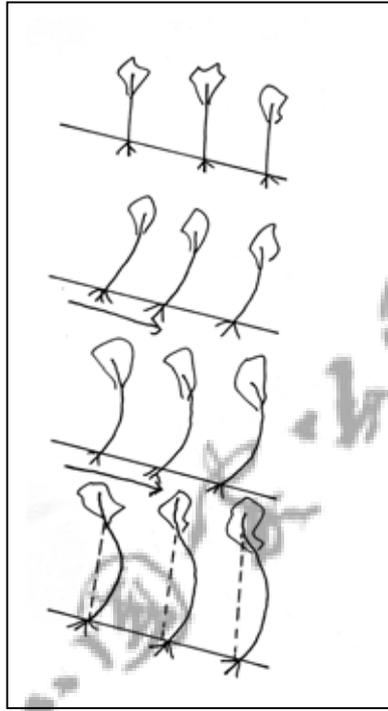
圖 2-15 因強風之故，造成柳杉林向上坡彎曲



照片 2-64 呈弧形彎曲之樹幹。

樹幹朝下坡而不分方向的彎法，表示使其彎曲的力量與方向無關，而明顯是重力作用使然。此因斜坡上的土層在重力作用下有向下坡蠕移的傾向，尤其吸收大量水分後的土壤其蠕移的速率更大。在此種動態作用下，著生於土壤中的樹根受其拖累，自然就跟著向下坡傾斜，而背地性的樹幹則跟著向上調整，而使樹幹呈向下坡彎曲的現象。

圖 2-16 柳杉林樹幹向下坡彎曲，乃因土壤蠕移所致



由於土壤的蠕移作用會持續到土壤逐漸穩定為止，所以樹幹的傾斜和調整是持續地進行，尤其是為了維持整棵樹的穩定，樹幹不是從彎曲處取直即可，而是需向上坡矯正到根部所受上部樹體向下傾斜的壓力為最小時為止，結果就形成大曲徑的弧形彎曲。

由上可知：山坡地喬木樹幹之彎曲並非偶然，其既揭露當地的歷史事件也敘述當下仍在進行中的植物與其環境間的平衡作用。

第十六節 台灣的安地斯山火山岩



照片 2-65 大屯火山安山岩。

南美洲太平洋沿岸有一條南北延長達八千九百多公里的山脈，叫做安地斯山（Andes Mountains），有數座高度超過七千公尺的山峰，並有兩座六千多公尺的著名火山（Cotopaxi and Chimboraza）。安地斯山盛產一種火山岩，名為安山岩（Andesite），意為「安地斯山之岩」。後來在世界各地所發現的火山岩，其成分與安山岩相同者就一律稱之為「安山岩」。這就好像數十年前在陽明山北投發現一種沉澱在溫泉谷石頭上的放射性新品種礦物，日本科學家將之命名為「Hoktolite」，意為「北投石」；嗣後在世界各地陸續發現的相同礦物，也都一律稱之為「北投石」的命名法則是一樣的。

陽明山國家公園內的火山岩大多是成分與安地斯山的火山岩相同之安山岩，只有烘爐山等少數地區生產玄武岩。

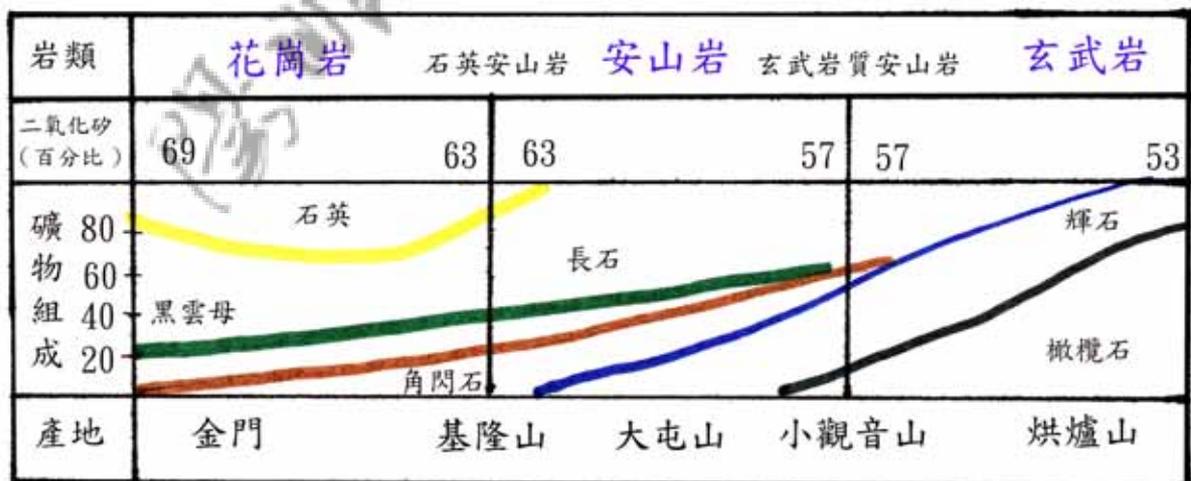
安山岩是種化學成分中含有約 60% 的重量是二氧化矽（ SiO_2 ）的火山岩，乃世界各火山地區中大量生產於地表的火山岩。

在地球上所發現的生成於地下和地表的由岩漿固結而成的火成岩中（岩漿流出地表而成的火成岩特稱之為火山岩），以生成於地下的花崗岩

(Granite) 所含的 SiO_2 量為最多，約 70% ，稱為酸性火成岩，而以亦為火山岩的玄武岩所含的 SiO_2 量為最少，約 50% ，稱為基性火成岩。安山岩所含 SiO_2 量約 60% ，居前二者之中，故稱為中性火成岩。

岩漿是種含有大量 SiO_2 和較少量的Fe、Mg、Ca、K、Na、Al等金屬元素的高溫而熔融的物質，稱為熔融的岩石 (Molten rock)。當岩漿從地下深處上升到地表的過程中，其溫度隨之逐漸下降，其中的Fe、Mg、Ca、K、Na、Al等元素遂紛紛選擇各自喜愛的 SiO_2 的量，結合而成固態的礦物。所以岩漿中的 SiO_2 有如待嫁姑娘，在男多女少的基性及中性岩漿中， SiO_2 被爭相娶去，故其所成之火成岩中，沒有多餘的 SiO_2 殘留下來；反之，在男多女少的酸性岩漿中，則因閨中尚有未嫁女，於是就自立門戶，單獨結晶而成為一種無色或乳白色透明的礦物，叫做「石英」(Quartz)。此乃酸性的花崗岩中含有多量石英，而玄武岩和安山岩則否之所以。

表 2-2 花崗岩、安山岩和玄武岩三種主要火成岩礦物成分的比率



上表顯示花崗岩、安山岩和玄武岩等三種主要火成岩的礦物成分的比率。這五種礦物因是構成火成岩的主要礦物，故稱之為造岩礦物（Rock forming minerals）。其中石英和長石屬於無色、白色等淺色礦物，而黑雲母、角閃石、輝石和橄欖石則因含有鐵、鎂元素而為黑色或暗綠色礦物。職此之故，根據上表，花崗岩因只含有不足 5% 之黑雲母和角閃石等暗色礦物，所以岩石整體呈白底，其中點綴黑色斑點；玄武岩則因含有一半以上的暗色礦物，所以整體呈深黑色；而安山岩則因淺色礦物佔 70%，暗色礦物佔 30%，因此整體於灰色中點綴著輪廓清晰的黑色礦物結晶。



照片 2-66 金門花崗岩。



照片 2-67 烘爐山玄武岩。

然因大自然中成分是漸變的，而將之分門別類則是人為的，因此自然界中難免會出現介於相鄰兩類的中間產物。例如上表中，有的安山岩也會含一些石英礦物，就稱之為「石英安山岩」(Dacite)。金瓜石基隆山的火成岩即屬之。又表中安山岩與玄武岩也是鄰居，所以有些安山岩的成分會接近玄武岩；反之亦然。例如大屯火山群中小觀音山的安山岩就比較接近玄武岩。



照片 2-68 基隆山石英安山岩。



照片 2-69 小觀音山玄武岩質安山岩。

第十七節 三瓶酒？二瓶酒？一瓶酒？



照片 2-70 大屯山安山岩。



照片 2-71 金門花崗岩。

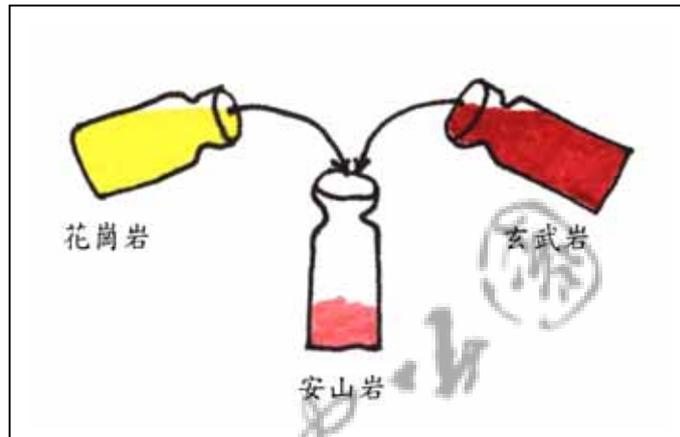


照片 2-72 澎湖玄武岩。

地球上數量最多的火成岩是花崗岩、玄武岩和安山岩等三種，都是由熔融的岩漿凝固而成的。關於它們的岩漿來源，最簡單的想法是地底下分別存在著花崗岩質岩漿、玄武岩質岩漿和安山岩質岩漿，分裝在三個瓶子中。從花崗岩的瓶子倒出的岩漿凝固就變成花崗岩；從玄武岩的瓶子倒出的岩漿凝固就變成玄武岩，以下依此類推。

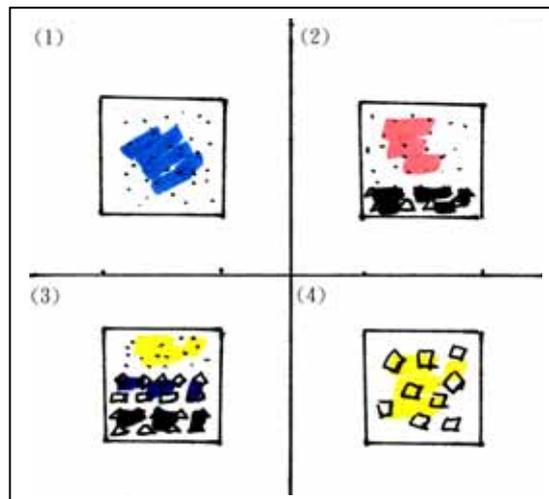
但由於安山岩成分是介於花崗岩和玄武岩的中性岩石，因此就有人認為地下只要有花崗岩和玄武岩兩種瓶子，各倒出一些混合在一起，就可以產生安山岩，用不著需要有安山岩的瓶子。

圖 2-17 三瓶酒？



現代的一種想法，則是各種火成岩可能都是來自唯一的一個瓶子，就是玄武岩質的岩漿（圖 2-18 (1)），直接從它出來的就形成玄武岩；如先經過一番結晶沉澱後，再倒出來的殘餘岩漿就生成安山岩（圖 2-18 (2)）；如果先前殘餘岩漿再經過一番結晶沉澱，最後倒出來的剩餘岩漿（圖 2-18 (3)）就凝結成花崗岩（圖 2-18 (4)）。

圖 2-18 岩漿結晶分化作用示意圖

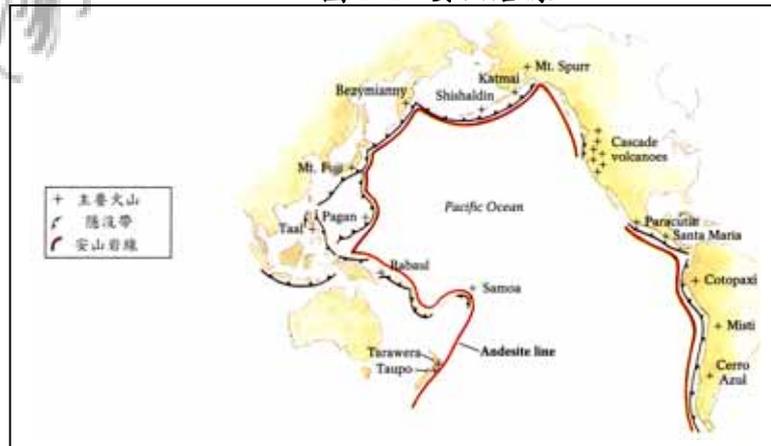


但以上這個叫做「結晶分化作用」(Crystallization differentiation) 的各種岩漿來自同一母岩漿 (Parent magma) 的理論，雖然具有相當程度的邏輯之美，卻有現實上難以克服之點，例如依照這個結晶分化理論推算出來的花崗岩質岩漿的數量，應該只有玄武岩質母岩漿的 5%，其量之小，斷不可能使花崗岩成為構成大陸板塊體積龐大的深成岩體。

不管如何，究竟地下有多少岩漿酒瓶，還是多種可能同時並存，方足以解釋複雜現象，至今仍是一個地球科學界爭論的議題。但安山岩只生成於太平洋盆 (Pacific basin) 或太平洋板塊 (Pacific plate) 邊界，所謂安山岩線 (Andesite line) 的外圍地區的事實則是比較有共識。由於太平洋板塊是玄武岩質，這個玄武岩質的板塊帶著大量海水和海底沉積物下潛到大陸板塊之下，加熱熔融成岩漿，再於其上升至地表成為火山的途中，順手從花崗岩質的大陸板塊捉一些東西進來，而成為安山岩質岩漿，其過程也與二瓶酒的理論相差不遠。

陽明山就在環太平洋安山岩線的外圍，不像在太平洋盆內的夏威夷火山只生產玄武岩，大屯火山群既生產安山岩也有玄武岩的現象，就得到合理的解釋。

圖 2-19 安山岩線



(資料來源：Chernicoff & Venkatakrishnan, 1995)

第十八節 楊貴妃與趙飛燕

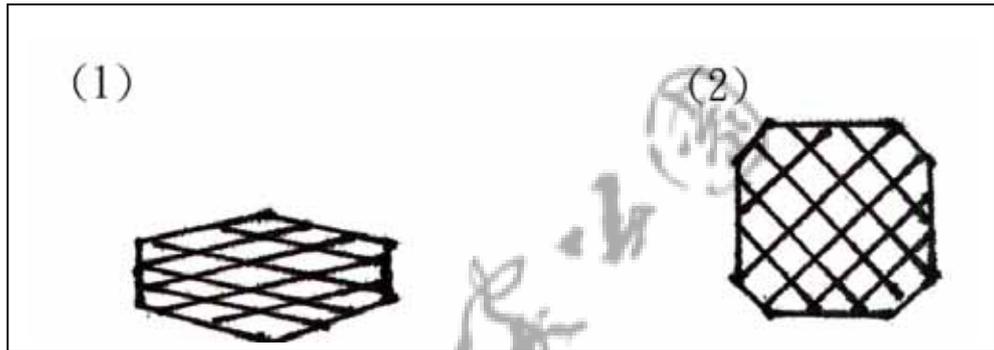


照片 2-73 八煙安山岩灰底黑斑是其容貌。

新鮮安山岩的一般長相是灰白色，細緻基質上點綴著約佔百分之二十的黑色柱狀結晶。這些看來都是黑色的有色礦物是角閃石（Amphiboles）和輝石（Pyroxene）。角閃石的化學成分是 $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ ，輝石是 $(\text{Mg,Fe,Ca})_2\text{Si}_2\text{O}_6$ ，兩者都是含有鈣、鐵、鎂三種金屬元素的矽酸鹽，只是角閃石多了兩個分子的 $(\text{OH})^-$ 離子。根據文獻記載：角閃石其色黑至黑褐色，或墨綠色；輝石則是黑色至墨綠色或褐色，其色不定乃由其所含金屬元素的種類和多寡而定。換言之，安山岩中的角閃石和輝石可能都是黑色或墨綠色，所以單憑顏色，肉眼鐵定難以分辨彼此。好在各種礦物的結晶在自由生長環境下，所發育的身材各有其妙，稱之為「晶癖」（Crystal habit），也即其所喜愛的身材。例如：角閃石長得豐盈如楊貴妃，而輝石則多纖細若趙飛燕。是以於顏色之外，其環肥燕瘦的姿影，也足以資辨。

除環肥燕瘦之外，角閃石的菱形或六角形晶形（圖 2-20（1））與輝石的四面或八面形晶形（圖 2-20（2）），也各具特色，可為鑑別之助。

圖 2-20 角閃石和輝石之晶形示意圖

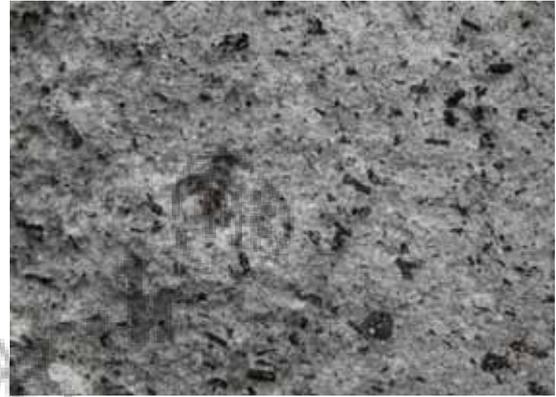


照片 2-74 輝石晶體橫截面：菱形六面體肥胖角閃石與細方柱形的瘦長輝石似不難分辨（八煙地區）。

第十九節 先生與後到



照片 2-75 八煙角閃石與輝石斑晶與灰色石基。



照片 2-76 八煙輝石斑晶與灰色石基。

安山岩的組成礦物中，結晶輪廓清晰可辨的是其中的黑色礦物：角閃石和輝石。

火山岩之礦物可以肉眼清晰辨識其全部晶形者為粗粒火成岩，其平均粒徑大於 5mm；若以手持放大鏡可見其大部分晶形者為中粒火成岩，其平均粒徑在 1~5mm；幾乎無晶形可在野外或用放大鏡分辨的，則為細粒火成岩，其粒徑在 1mm 以下，有的微細如玻璃質。

火成岩的礦物是隨從地殼深處推向地表的岩漿的溫度下降到該礦物的融點時，結晶出來的。因此融點最高的礦物最先從岩漿結晶出來，其結晶大且晶形完整，因其在岩漿還在熔融的液態時，有自由發育之空間，而融點越低的礦物，則越後結晶，只能塞在殘存的空隙中，就失去了表現其特殊結晶形體（晶癖）的空間，也就沒有完整的晶形輪廓。這就像巔峰時段擠公車的情況；先上車的佔住可使身體舒泰端正的座位；後擠上車的就只能像沙丁魚一樣，塞在剩餘空隙中失去了自形。

此外，在地下深處結晶的礦物，結晶時間長，可發育成粗粒或中粒的火成岩，反之，岩漿被迅速擠出地表，才能結晶者，由於岩漿很快就固化，因此幾乎無晶形。

由是可知：安山岩中的角閃石和輝石是在岩漿凝卻的早期，很可能還在地殼深處時，就先結晶出來，以其結晶大而稱之為「斑晶」(Pheno cryst)，而白灰色的看不見其結晶形狀的細粒長石類礦物就應該是岩漿被擠進地表甚或流到地表時，才迅速結晶出來的。以其細緻而被稱之為「石基」(Ground mass)；斑晶與石基兩者同時存在，就構成了安山岩的「斑狀組織」(Porphyritic texture)。

火山爆發產生的安山岩都經由如此階段的結晶過程而生成的。而大屯火山的安山岩所經歷的這類身世，雖然不可能目睹，卻以「斑斑」留下了見證。

第二十節 褪色的安山岩



照片 2-77 八煙純白安山岩：本來存在的黑色角閃石和輝石已全然消失，只於中央偏右處還出現角閃石結晶殘骸。

在小油坑、大油坑、八煙等溫泉、硫氣噴發的後火山活動地區，都可看見純白色的岩石：有的多孔而輕，質地硬脆；有的則細膩柔軟如粉土。由於此種岩石只見於硫氣孔周圍地區，所以顯然是由灰質黑斑的安山岩受到硫氣作用變質而來。安山岩礦物與硫氣溫泉起化學反應而變質的現象，稱之為「熱液換質」(Hydrothermal alteration)。



照片 2-78 八煙溫泉湧出處周圍的安山岩都變成白色，乃安山岩質受硫氣與地熱水所改變的明證。



照片 2-79 八煙溫泉水面下的安山岩皆變成白色，證明溫泉具有漂白安山岩的功能。

地球上任何現象的發展趨勢皆朝向能夠消滅壓力的方向。所以化學作用旨在中和或削減來自新環境的壓力。對大屯山安山岩而言，高溫之硫氣及其溶液之酸度乃安山岩生成後之新環境壓力，使其失去原先之化學平衡 (Equilibrium)，其中某些元素之溶解或沉澱以資因應，以獲得新的平衡。而安山岩變成白色即其新平衡的結果。

據知：來自地殼深處的高壓水蒸氣具有溶解二氧化矽和造岩礦物的功能，尤其當其溫度高於其臨界溫度時（水之臨界溫度為 37.4°C ），其趨於臨界，氣體 (Super critical gas) 有強大之滲透力，幾乎可通行無阻於岩體中任何微細之節理、裂縫和結晶粒間之孔隙，而成為強力的溶劑，可將其通路上本性活潑的物質溶離其母體而另沉澱於適當之新環境。



照片 2-80 八煙酸性溫泉和高溫蒸氣以其活潑的化學性衝擊其所接觸到之安山岩；安山岩則與其產生互動調整其組成和組織，以達到新的穩定狀態，其過程即所謂之「熱液換質」。



照片 2-81 安山岩受硫氣、溫泉之作用，首將其中之角閃石礦物溶解而留下了殘骸（八煙地區）。

第二十一節 換質玫瑰與明礬花

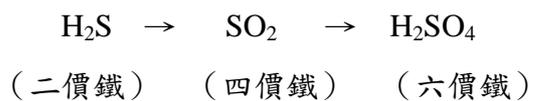


照片 2-82 八煙熱液和高溫蒸氣自滲入岩體之裂縫，進行其換質作用，中心較新鮮安山岩尚未完全變質之殘核。



照片 2-83 八煙不同程度的換質帶成層環繞核心形成一朵熱液換質玫瑰。

硫氣熱液乃是帶有酸度的硫酸，來自硫氣中腐卵臭味硫化氫 (H_2S) 的氧化，其過程是：



硫酸能夠分解礦物並溶解一部分物質帶走而留下殘餘物。安山岩中的角閃石和輝石即先被分解並溶解而流失，才使安山岩變成白色。

當熱液為弱酸 (pH6~6.5) 時，長石之二氧化矽及其他元素被溶解，而硫酸根則進去將其轉換成含水硫酸鋁鉀 ($KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$)，即明礬石 (Alunite)。此種換質過程稱為「明礬石化」(Alunitization)。



照片 2-84 小油坑熱液換質明礬石化安山岩，其質細膩如粘黏土。



照片 2-85 小油坑熱液滲出安山岩面時，沉澱出來的如結晶。



照片 2-86 如雪花石膏般潔白美麗的結晶，似是明礬石一類的硫酸岩（小油坑地區）。

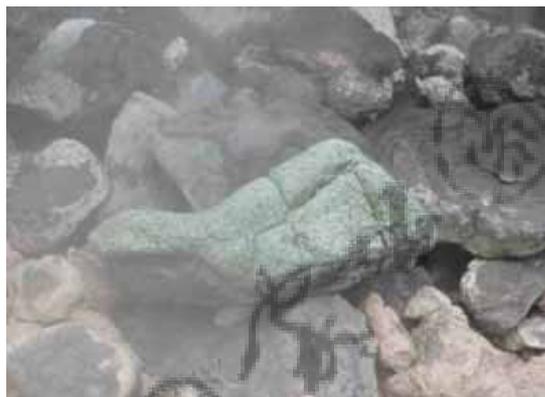
當熱液為強酸（pH4.5~5.5）時，則其殘留為隱晶質的氧化矽，即蛋白（Opal）（ $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ），其作用稱為「矽化作用」（Silicification）。

小油坑可發現明礬石和矽化石，足見其所湧出熱液酸度並非一成不變。



照片 2-87 小油坑熱液換質的多孔狀矽化安山岩面，由細粒微小結晶的石英類（ SiO_2 ）礦物所組成。

此外，在八煙溫泉水中還看見一、二塊淺綠色外皮的安山岩，台灣文獻中似乎未見其記載，是否同為溫泉沉澱物的矽酸鹽類「綠礬」，則當有待學者化驗鑑定。



照片 2-88 八煙僅見於溫泉水中的綠色外觀之安山岩，是否為「綠礬」沉澱物，尚有待求證。

第二十二節 紅水仙與黑皮石



照片 2-89 磺溪是一條美麗的紅色河流。



照片 2-90 浸潤於磺溪溪水中的紅色集塊岩與安山熔岩石塊。

從七星山北麓像北注流金山東海的北磺溪是一條蜿蜒於青色綠間的美麗的紅色河流。

溪床上配置有緻的集塊岩和安山熔岩石塊，其浸在水面下的呈鮮赤色，而暴露於空氣中的則暗褐色。問渠那得艷如許，則謂有鐵份析自硫氣溫泉之安山岩。

原來安山岩中的唯二含鐵份的造岩礦物，角閃石 ($\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}$) 和輝石 ($(\text{Mg,Fe,Ca})_2\text{Si}_2\text{O}_6$) 在含有硫酸的溫泉熱液中被分解而成二價鐵 (FeO)，溶解於溫泉水中。



照片 2-91 八煙角閃石受熱液換質而變成氧化鐵。



照片 2-92 八煙二價鐵溶解強酸性溫泉中。



照片 2-93 八煙在空氣中二價鐵氧化成三價鐵而沉澱在岩石表面。

當此高酸度的溫泉向下流動而逐漸從他處匯入更多的清水時，其酸度降低，而使溶解於其中的二價鐵氧化成為鮮紅色的赤鐵礦（ Fe_2O_3 ）（Hematite）或褐鐵礦（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）沉澱在從高處滾落到溪床的普通安山岩的石塊表面上，使其成為紅皮石。這就是為什麼在溫泉源頭的溪床是灰色的，而到下游或露出水面的部分，則逐漸出現氧化鐵的沉澱物，而使整條溪石染成美麗的紅色。

與溪水中的紅皮石相對的是，山坡上硫氣孔區的黑皮石。



照片 2-94 八煙硫氣孔與黑皮石。



照片 2-95 八煙黑皮所包裹的是蛋白石化或明礬石化的白化安山岩。



照片 2-96 八煙黑皮包裹氧化鐵。

黑皮實際上是黑色硫化鐵 (FeS_2) 礦物，學名為黃鐵礦 (Pyrite)。與黃金同產出的黃鐵礦外觀黃澄澄，常被誤認為黃金，故有「愚人金」的稱號，而實際它是唯一用於提煉硫磺的礦物，大部份用於製造肥料用的硫酸。

八煙、馬槽、小油坑、大油坑、火庚子坪等硫氣孔地區的黃鐵礦，因其非為金黃色而為黑色，特稱為黑色硫化鐵，都是產在受強烈之矽化或蛋白石化等熱液換質的安山岩之裂隙表面，所以證明其乃變質作用的產物。由於黑色硫化鐵也會溶解於酸性溫泉中，所以氧化鐵一樣在溫泉水下看不到其蹤跡。



照片 2-97 八煙溫泉溪水下，唯見白化安山岩；黑色硫化鐵和赤色氧化鐵只見於水面上，足見溫泉水質不容許此二種礦物的生成。

七星山區的硫化鐵早年曾被大量開採，八煙應是廢礦區，而採礦的指標就是硫氣孔和熱液換質區。

陽明山國家公園

第二十三節 癩痢七星與滑頭大屯



照片 2-98 遠眺癩痢七星與滑頭大屯。

七星山和大屯山是大屯火山群的兩座主山。

從五指山系的大崙頭山看右側的七星山，其姿態雍容而舒展，頗有君臨天下之慨；而右側大屯山則顯得婉約而含蓄。

再仔細觀察，則七星山容顏多光影，輪廓凹凸、頭角崢嶸，山峰上有塊壘起伏；相形之下，大屯山的光影均勻，山嶺則如流水般柔順光潔的典線。

同是火山體，兩者的容貌卻有如許差異，必然有其緣故；其故在於山體表層之組成物質。



照片 2-99 大屯山山勢曲線平滑、柔順。



照片 2-100 七星山峰頂塊壘起伏。

七星山峰表面佈滿大小不等的火山熔岩的角礫 (Volcanic breccia)。由於其抗蝕力大，故在差異性的風化作用下，其稜角遂突出於地表，而使其山峰狀若長滿疙瘩的癩痢頭。



照片 2-101 七星山山峰佈滿大小不等之火山熔岩角礫。

相較之下，大屯山的山嶺則是由熔岩流所構成，所以其曲線柔順而平滑，並沒有如七星山一樣佈滿突起的岩塊。其山側頂角朝上的層層重疊的三角狀岩壁正是逕流沖蝕、長期淋漓高傾角層狀熔岩流的結果。



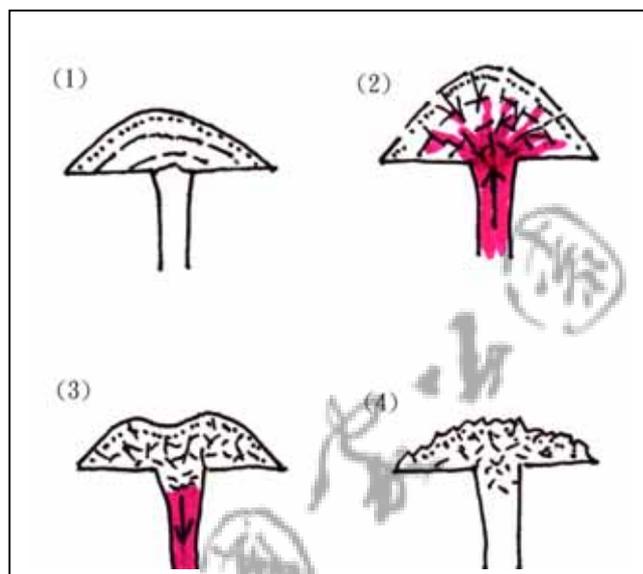
照片 2-102 大屯山層層重疊的三角狀岩壁正是逕流沖蝕、長期淋漓高傾角層狀熔岩流的結果。

七星山的熔岩角礫，實際上是由覆蓋在七星山峰最後一次的熔岩流破壞而來：原來當最後一次熔岩流覆蓋了火山口附近的山坡之後，七星火山深處的岩漿再次湧向地表，抬升膨脹並迸裂了外層已經固化的熔岩流。然而，由於岩漿活動後繼乏力，在迸出地表之前就又回縮入地下，而使已經被膨脹抬舉的熔岩沉陷下去，使岩塊相互擠壓，而形成現狀。

換言之，七星山峰癩痢狀火山角礫最後一次的熔岩流出後，由一次失敗的再噴發活動的漲縮，雙重破壞作用而成。其過程大致如圖 2-21 所示之：

1. 七星山最後一次熔岩流覆蓋在火山口周圍山坡（點畫區）；
2. 岩漿再次上升膨脹和迸裂山體；
3. 岩漿後繼無力，又縮回地下，而使山體下陷；
4. 熔岩流破裂成角礫而呈顯癩痢頭狀的山峰。

圖 2-21 七星山最後一次噴發活動示意圖



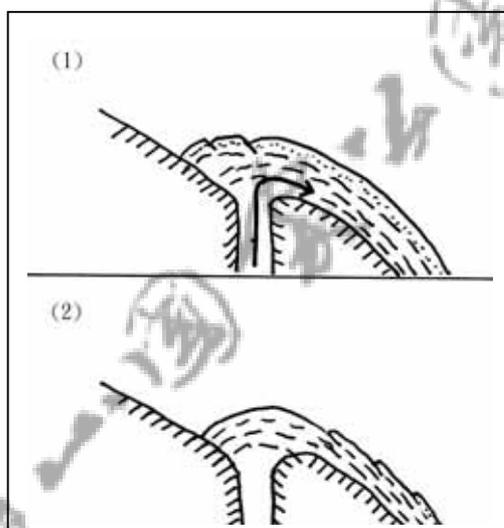
實際上，岩漿活動並不是每一次都能成功地突破地殼而完成爆發動作。火山地區有一些類似火山口遺址的窪地，也有可能是岩漿上升途中又縮回而造成陷穴。例如：七星山東峰下，以台灣水韭聞名的夢幻湖的生成可能屬之。



照片 2-103 夢幻湖應是火山爆發時岩漿上升途中又縮回而造成陷穴。

至於大屯山其最後一次爆發，可能是斜向竹子湖的斜坡噴發，其熔岩流在竹子湖側形成高傾角成層熔岩流（圖 2-22（1）），最後在岩層面的侵蝕作用下，形成目前所見的重疊三角面（圖 2-22（2））。

圖 2-22 大屯山最後一次噴發活動示意圖



第三章 結論與建議

第一節 結論

本研究係從一地質學者的心眼觀察陽明山國家公園的地質景物中，具有知識性趣味的事物，用學理性、邏輯性和常識性的方法記述其現狀和闡述其所代表的歷史事件：此因地質學乃地球歷史學之故也。由於陽明山乃台灣唯一的火山國家公園，而火山現象乃地球上與地震、颱風同為大自然調節平衡所發出的巨大力量，影響人類生活至鉅，所以儘管陽明山國家公園境內的大屯火山群屬於不再活動的火山，本研究仍欲藉陽明山有欣賞價值的風景來記載說明火山學的種種面向，以使遊客和學生能從陽明山可親眼目睹的火山事物中見證火山學的基本學理。

本研究乃科學性之記事，以正確、易曉為宗旨，文內照片乃文字之一部份，對其要求也以達意為主。此因光影品質好的照片，除攝影器材、攝影技巧之外，還須有良好的天候與拍攝的角度等因素，其等待與取景卻非本計畫所能為力也。

本計畫所記述之地質風景以寓目成景者為對象，因此雖不刻意營塑步道等空間之體系，卻幾乎可以從任一步道觀察和欣賞到本記事中提及的若干現象。有此風景，雖然不是本記事所記述者，但嘗試運用本記事的推理方法，也可觸類旁通，彌增遊山玩水之餘的知識性的滿足喜悅。

第二節 建議

火山學體系龐雜，本研究記述了二十三項，內容包含火山地形、後火山作用、火山岩、礦物、岩漿成因、地貌成因、風化與換質作用、動植物生態觀察等，已具備火山學的基本架構，然仍有所闕漏。

為便本記事之體系臻於完備，宜續予調查研究，以探討更豐富之地質風景，以饗國人。

