

陽明山國家公園溫泉水質應用之研究

一大油坑熱液換質帶之礦物相研究

☆目 錄☆

一、研究緣起與目的

二、研究方法與結果

三、結論與建議

陽明先生全集

一、研究緣起與目的

在陽明山國家公園計畫書中，大油坑地區被規劃為第十遊憩區，該區的溫泉、硫氣孔、及採硫區附近寸草不生的裸露崩塌地為主要的景觀點。事實上，大油坑地區是國家公園區內，最大的熱液換質帶。溫泉和硫氣孔活動相當激烈，其地質景觀之震撼力絲毫不亞於小油坑或硫磺谷。由陽金公路往採硫區之步道，一側為山壁，另一側為河谷，平日除運硫之三輪車行走外，人煙罕至。因此步道兩側之植物相鮮少被破壞，沿途亦有罕見之稀有植物分佈（如鐘萼木、原生杜鵑等）及豐富的昆蟲種類。因此該區不但是良好的地質景觀區，步道兩側特有的植物相及動物景觀，都可提供絕佳的解說教育。

惜因該區接近國家公園東側的邊界，位置較為偏僻，目前還是屬於私人礦區且礦權期限尚未到期，因此雖已做好初步規劃，卻遲遲未能實際開發。目前除警告遊客勿接近高溫的硫氣孔標誌牌外，尚無任何的公共設施。有關該區較詳細的地質及動、植物資料的調查也較缺乏，所以本處較少利用它為解說教育的場所。

本研究之目的，在詳細調查陽金公路通往採硫區之換質岩石所含蝕變礦物群之遞變情形，以了解溫泉水之性質與蝕變礦物種類及分佈之關係。此研究可補充該區地質資料之完整性，做為日後對大油坑地區之開發，及解說教育之參考。

二、研究方法與結果

(一) 野外地質調查

野外工作以五千分之一像片基本圖爲工作底圖，野外調查及採樣步驟如下：

1. 初步勘查受熱液換質作用最強烈的地區，以及現今溫泉及硫氣孔之分佈帶，以確定換質作用的中心帶。
2. 以換質作用中心帶，向外側做系統採樣。
3. 全區擬取三條採樣線，每一採樣線之採樣點，間隔5~10公尺，必要時視植被生長情形，及露頭位置而調整。
4. 除採樣外，採樣地點的岩石及其他地質現象加以詳細描述，必要時以照像方式紀錄之。

(二) 實驗室工作

將採樣之樣本做適當處理後，以X光粉末繞射分析儀鑑定安山岩經熱液換質作用後所形成的礦物。

其步驟如下：

將岩石樣本粉碎研磨至200篩目(mesh)以下，以台大地質研究所之日本Rigaku廠牌D/M AXⅢ A型X光粉末繞射分析儀，採用CuK α 特性線，Ni濾片，35KV，15mA，掃描速度每分鐘二度之條件下，分析鑑定蝕變礦物種類。

(三)結果

大屯火山群的溫泉和噴氣孔，因受到金山斷層的控制，而分佈在金山與北投之間一長約18公里，寬3公里的狹長地區，大致呈東北—西南走向(Chen and Wu 1971)。強酸性的溫泉與安山岩作用的結果形成熱液換質帶；安山岩中原有的斜長石、輝石、角閃石等造岩礦物和組織都被破壞，換質礦物則隨換質的程度而有不同的礦物群出現。

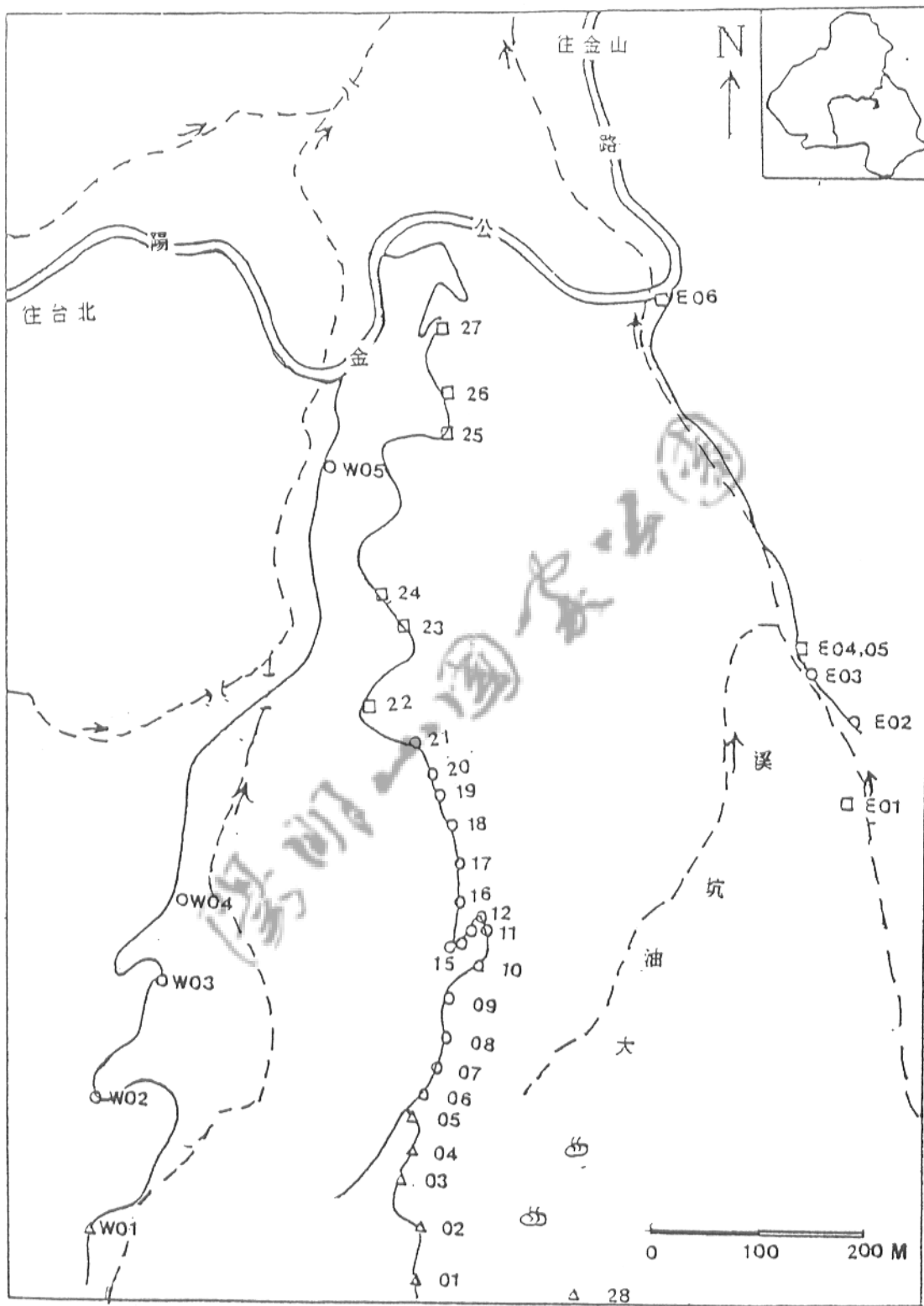
大油坑地區是國家公園區內最大的熱液換質帶，其西側、南側、東側分別為七股山(890公尺)、內寮山(830公尺)及冬瓜山(884公尺)所盤踞，地勢大致由南向北傾斜。溫泉及硫氣孔的出露位置在換質帶的南側，強酸性的熱水隨著地勢向北漫延，因此，蝕變作用的中心帶在換質帶的南緣，而逐漸向北擴展。

本次研究在通往大油坑採硫礦區的三條步道上分別採樣(如圖一)中間主要步道共採集28個樣本，西側步道採集5個樣本，東側步道採集6個樣本。另在小油坑亦採取4個樣本做比較，礦物鑑定的結果如表一。

由礦物群(mineral association)及露頭特徵，可將本區之換質岩石分成三類(如圖二)：

- (1).方英石(cristobalite)－明礬石(alunite)
－石英(quartz)

此類換質岩石的礦物組成，以方英石之出現為其代表，分佈在中間步道及西側步道的最南端，亦即最靠近換質中心地區。岩石的色澤潔白、孔隙大，比重輕(如圖版一

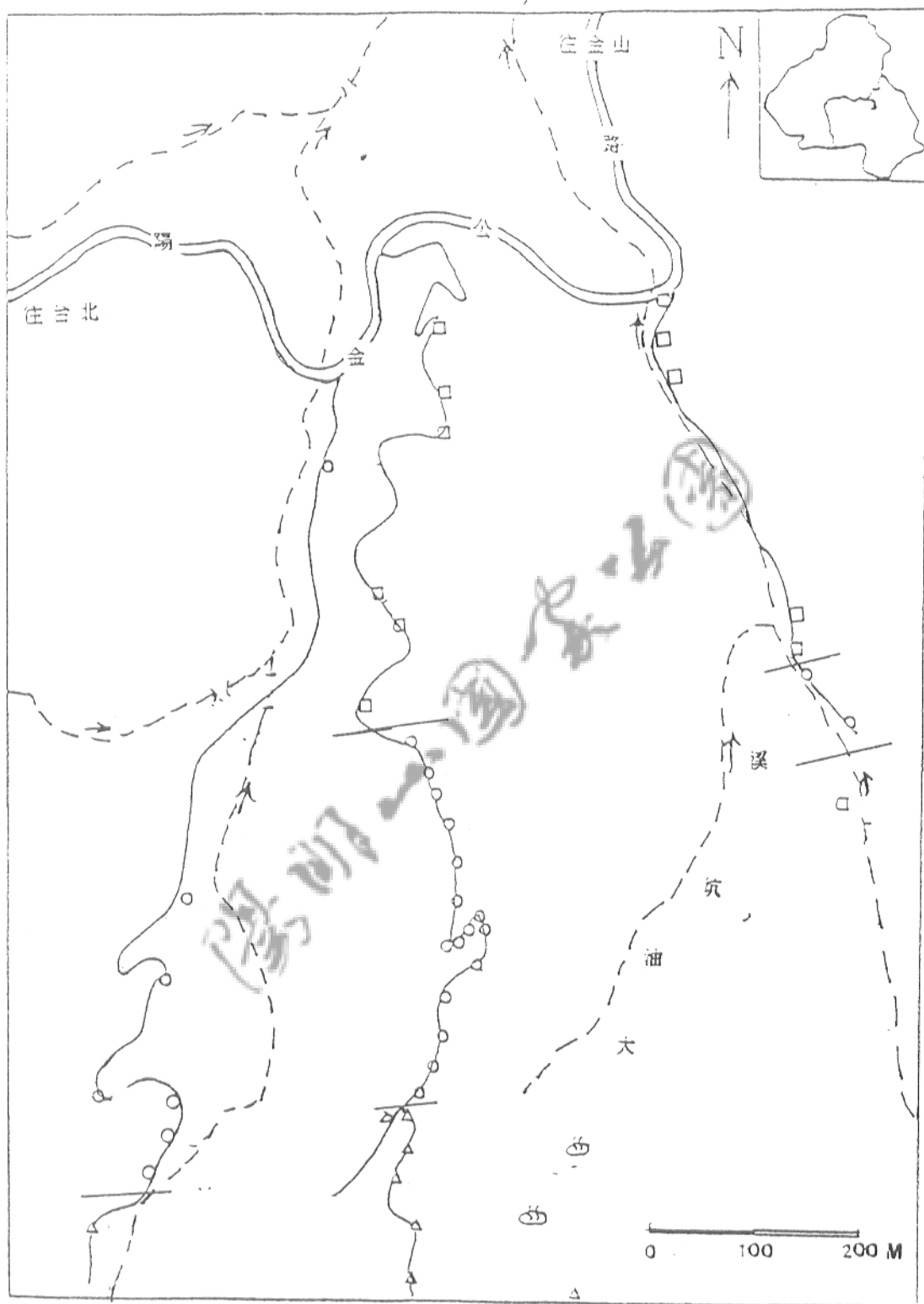


圖一 大油坑換質岩石採樣位置圖

樣本 編號	方英石	石 英	明礬石	葉臘石	高嶺石
01	*	*	*		
02	*	*	*		
03	*	*	*		
04	*	*	*		
05	*	*	*		
06		*	*	*	
07		*	*	*	
08		*	*	*	
09		*	*		
10		*	*		
11		*	*		
12		*	*		
13		*	*		
14		*	*	*	
15		*	*	*	
16		*	*	*	
17		*	*		
18		*	*		
19		*	*	*	
20		*	*		
21		*	*		
22		*			
23		*			
24		*		*	*
25		*		*	
26		*		*	
27		*		*	
28	*				
W01	*		*		
W02		*	*		
W03		*	*		
W04		*	*	*	
W05		*	*		
E01		*		*	*
E02		*	*	*	*
E03		*		*	*
E04		*		*	*
E05		*			*
E06		*		*	*
S01	*		*		
S02	*		*		
S03	*		*		
S04	*		*		

註：S01~S04為小油坑樣本

表一 換質岩石之X光粉末繞射分析結果



- △△ 方英石-石英-明礬石
- 石英-明礬石-葉臘石
- 石英-葉臘石-高嶺石

圖二 大油坑換質岩石礦物群分佈圖

），質脆且膠結性差，顯然受到溫泉之強烈溶蝕，屢屢造成崩塌（如圖版二）。本區為北礮溪水系支流一大油坑溪之上游，雨水伴同溫泉水造成明顯的下切作用，使其源頭儼然成為小型之峽谷。此外，因硫氣孔散佈其間，岩石的孔隙間充填天然硫磺（sulfur），接近硫氣孔的岩壁上，亦附著冷凝的天然硫磺。

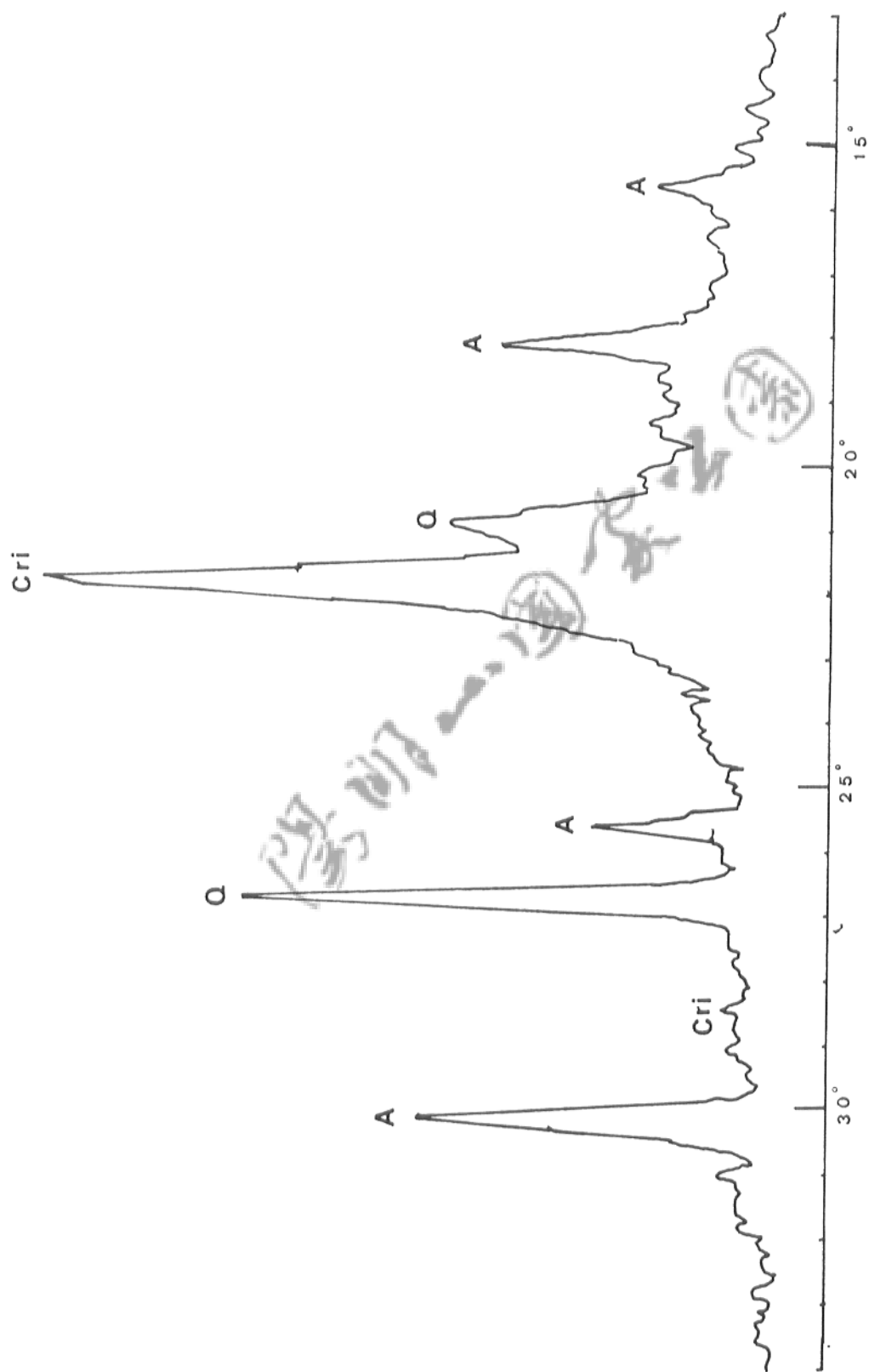
溫泉泉源及南側岩壁的換質岩石、顏色最白，孔隙最大，比重也最輕，其中的礦物全部都是方英石。溫泉北側的換質岩石呈白灰色，所含礦物仍以方英石為主，明礬石次之，石英最少。但愈往北，方英石含量愈少，石英含量則相對增多。明顯地，方英石只分佈在溫泉出露地區的附近，因是不穩定的準穩相礦物（*metastable mineral*），在遠離溫泉之處，則逐漸轉變為穩定的石英（X光繞射圖示於圖三）。

西側步道最南端（現在是玉紋礦場的採礦區），其換質岩石之顏色亦至為潔白，所含礦物為方英石—明礬石，與小油孔噴氣孔附近之白色緻密岩石所含礦物完全相同。

(2). 石英—明礬石—葉臘石（*pyrophyllite*）

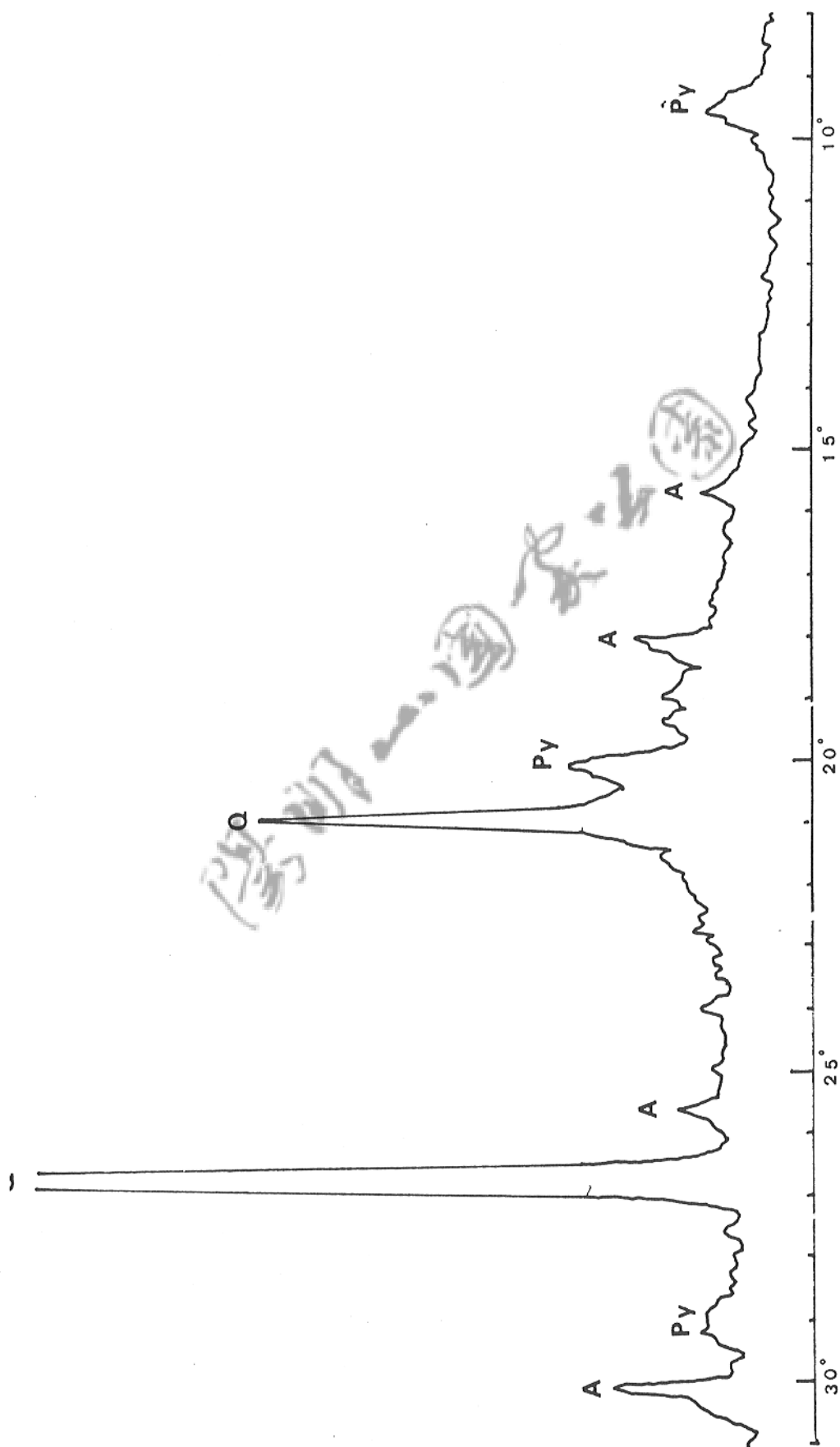
第二類換質岩石的礦物群與第一類換質岩石礦物群最大的差異在方英石的消失，主要礦物為石英及明礬石，另約有半數的樣本有葉臘石的出現（X光繞射圖示於圖四）；葉臘石同高嶺石都是熱液換質帶地表常見的粘土礦物。

此類換質岩石分佈在中間步道的中段；另外，西側步道的換質岩石除最南端的樣本屬第一區外，其餘分佈在中段及北段的4個樣本都屬於這類換質岩石，分佈範圍相當



圖三 主要步道南段換質岩石之蝕變礦物X光繞射圖

Cri : 方英石 Q : 石英 A : 明礬石



圖四 主要步道中段換質岩石之蝕變礦物X光綫射圖

廣。另東側步道六個樣本中，有二個樣本屬於此類岩石，其餘則屬於第三類的換質岩石。

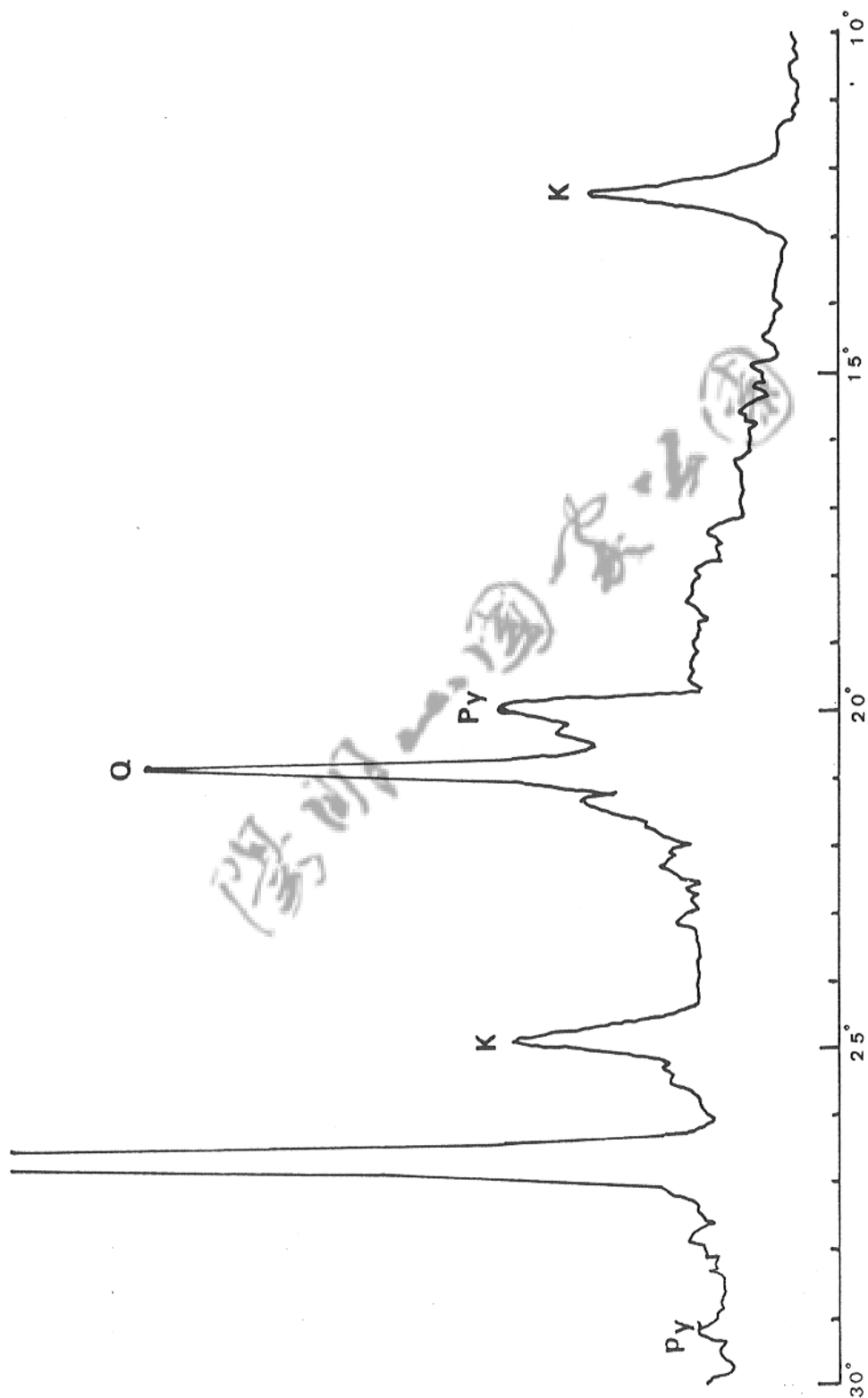
因為換質岩石分佈的區域因已稍離噴氣孔和溫泉，溶蝕之程度稍減，岩石的顏色由第一類的白色—白灰色轉為紅色—灰色相間（如圖版三），顏色變化大，且對比明顯。紅色部份主要分佈在節理面或裂隙兩旁（如圖版四），顯然是因地下水的流動，帶著由岩石中所溶蝕的鐵離子，氧化之後將節理面及裂隙兩側染成紅色。但是紅色和灰色（或白色）的岩石在礦物組成上，並沒有差異。此外，許多露頭表面的顏色因受硫氣的作用而呈黃褐色至黑色。植被的生長愈往北也愈茂盛，已不似第一類換質岩石分佈區域附近寸草不生的景像。

這種換質岩石軟硬程度的差異也很大，有的岩石結構緻密，相對之下較為堅硬。有的岩石則質地疏鬆，容易碎散。這種鬆軟的岩石多半受到植被的影響，土壤化較為明顯。

3. 石英—葉臘石—高嶺石 (kaolinite)

此礦物群的特徵為明礬石的消失，及高嶺石礦物之出現，組成礦物的比例仍以石英為主，粘土礦物（葉臘石及高嶺石）居次。中間步道北段換質岩石的粘土礦物以葉臘石為主，高嶺石較為少見。而東側步道的換質岩石則普遍有高嶺土之生成（X光繞射圖示於圖五）。

中間步道北段由於更遠離換質中心帶，植被生長愈發茂盛，露頭多分佈在幾個轉彎點上，可能是礦場為拓寬道路



圖五 東側步道北段換質岩石之蝕變礦物X光繞射圖

Q : 石英 Py : 葉臘石 K : 高嶺石

供運硫車行走所挖鑿出來的。露頭上方仍有植被生長，其岩石表面受硫氣作用，和雨水帶下有機的腐植質覆蓋而呈現深黑色（如圖版五）。除去表層的換質岩石呈白灰色至深灰色（如圖版六），類似第二類換質岩石中被氧化鐵所染成紅色的岩石已少見，岩質普遍鬆軟。

大油坑溫泉的溫度可高達 98°C ，化學成份以硫酸根離子 ($\text{SO}_4^{=}$) 及氯離子 (Cl^{-}) 為主， pH 值在 $1\sim 2$ 之間（程，1987），係高溫、強酸性的溫泉。安山岩和溫泉產生換質作用所形成蝕變礦物的種類與溫泉本身的化學成份、溫度及 pH 值都有密切的關係。本調查區域的換質礦物：方英石、石英、明礬石、葉臘石、高嶺石都是酸性環境下典型的熱液蝕變礦物（Reyes, 1990）。礦物群中以二氧化矽成份的方英石和石英的主，乃安山岩受酸性溫泉換質矽化的產物（Chen, 1961）。大油坑換質岩石的礦物群自換質帶中心向外圍呈現規律的變化，顯然地下水及溫泉水混合的性質由南向北亦呈現規律的變化，但由於影響反應的因素太多，究變是那些因素控制蝕變礦物之生成，則有賴在實驗室中做更進一步試驗研究。

三、結論與建議

(一) 結論

1. 大油坑地區的安山岩受酸性熱液作用而矽化漂白，蝕變礦物以方英石及石英為主。
2. 換質岩石的礦物組成由換質帶中心向外可分為三類：
(1) 方英石—石英—明礬石；
(2) 石英—明礬石—葉臘石；
(3) 石英—葉臘石—高嶺石。
3. 本區之換質岩石因受硫氣、溫泉、雨水伴同地下水的的作用及局部植被的影響，使岩石表面及節理面和裂隙兩旁呈現多種不同的顏色。

(二) 建議

1. 大油坑地區之火山地質景觀雄偉，且沿途植物相及昆蟲種類豐富，宜加強研究調查，以提供遊憩及解說教育之參考資料。
2. 將來執行細部規劃時，應注意高溫噴氣及溫泉之潛在危險，做好防護措施，以防遊客不慎受傷。
3. 中間與西側道路已因崩塌而斷絕連絡，應加以打通而規劃或環形之解說步道。

參 考 資 料

內政部營建署 (1985) 陽明山國家公園計畫

程楓萍 (1987) 陽明山國家公園溫泉水資源調查與利用規劃及管理. 178 頁. 陽明山國家公園管理處印製.

Chen, C.H. and Wu, Y.J. (1971) Volcanic geology of the geothermal area, northern Taiwan: Proc. Geol. Soc. China, 14, p.5-20.

Chen, P.Y. (1961) Post-volcanic alteration of andesite lavas and pyroclasts in Tatun volcanic group, Taipei-Hsin, Taiwan: Acta Geologica Taiwanica. 9, p.19-38.

Reyes, A.G. (1990) Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment: J. Volcanol. Geotherm. Res., 43, 279-309.

統一編號：

02214805270

陽明山國家公園



圖版一 靠近換質中心帶，被溫泉溶蝕成孔隙大、質地輕的白色換質岩石



圖版二 換質後岩石膠結性差，容易造成崩塌



圖版三 被氧化鐵染成紅色的換質岩石



圖版四 紅棕色的岩石常沿著破裂面兩側
對稱分佈



圖版五 位於植被下方的露頭因受硫氣作用及雨水帶下腐植質而呈現黑色



圖版六 中間步道北段深灰色的換質岩石