

## 第二章 研究方法

本研究採用的研究方法有岩象學研究、實驗岩石學方法及掃描式電子顯微鏡分析，其方法分述如下：

### 2-1、岩象學研究

將採回來之澎湖北寮地區鹼性玄武岩，切除岩石標本風化部份，再以肉眼觀察岩石樣本之外觀、組織以及組成礦物之種類、顆粒大小、相互生長關係。然後再取岩石標本製成岩石薄片，並利用偏光顯微鏡，對岩石組織與礦物組成做觀察及鑑定。

### 2-2、製作實驗樣本

先將岩石標本風化部分切除不用，再將岩石標本敲碎至 1 公分以下後把橄欖岩挑走，留下玄武岩的碎塊，置入球磨機進行初步研磨。之後再把初次研磨後的岩石粉末取出縮分至適當量，再以手工的方式用瑪瑙研鉢磨細至 200 篩目（Mesh）以下。最後將磨好的岩石粉末置於 110 度的烘箱中 24 小時，以去除岩石粉末上的吸附水，放入乾燥箱中備用。

### 2-3、燒失量 (L.O.I., loss on ignition) 之測定

1. 將陶瓷坩堝洗淨後置於 110 的烘箱中 24 小時以去除水分，之後置於乾燥箱中冷卻至室溫。
2. 使用天平精秤坩堝重量 ( A ) 至小數點以下第三位。
3. 精秤岩石粉末 2.000 克，將其置入秤過的陶瓷坩堝中，精秤總重量 ( B ) 至小數點以下第三位，並使  $B = A + 2.000 \pm 0.002$  克。
4. 將步驟 3 之坩堝與岩石粉末一同置於 900 的烘箱中烘烤 1 小時，接著取出放入乾燥箱冷卻 30 分鐘，再精秤其重

量 ( C ) 至小數點以下第三位。

5. 計算燒失量：燒失量 =  $[( B - C ) / 2.000 ] \times 100\%$

## 2-4、全岩化學分析方法

本分析使用台大地質系李寄嶠技正之 Rigaku RIX-2000 X 光螢光分析儀，針對十個主要元素 Si、Ti、Al、Mn、Fe、Mg、Ca、Na、K 及 P 進行分析，分析誤差為 $\pm 5\%$ ，其樣品製備流程條列如下（李寄嶠等，1997）：

1. 首先將岩石粉末及助熔劑（無水四硼酸鋰，anhydrous  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ）置於 110 之烘箱中烘乾 24 小時，以去除粉末上的吸附水。取出後，置入乾燥箱中冷卻，直至與實驗室的溫濕度（溫度 27-29，溼度 40-50%）同，方可使用。
2. 秤岩石粉末  $0.4000 \pm 0.0001$  克與助熔劑  $4.0000 \pm 0.0005$  克，將兩者均勻混合後，置入白金坩鍋中。
3. 將步驟 2 之含試料白金坩鍋放入全自動高週波玻璃餅製備機中，製成玻璃餅。
4. 以 X 光螢光分析儀分析玻璃餅試樣。

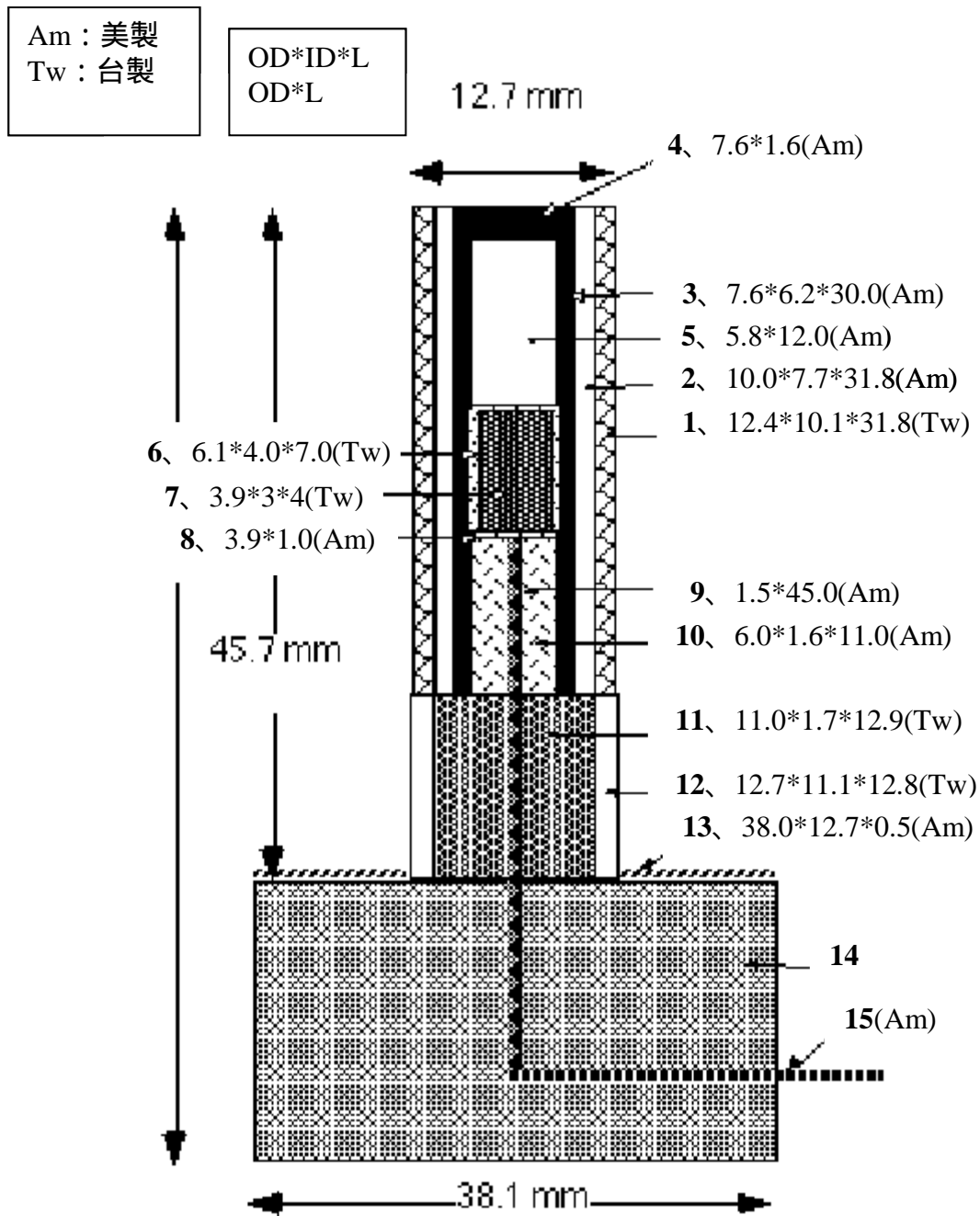
## 2-5、實驗岩石學研究

本研究的實驗樣本是澎湖北寮地區鹼性玄武岩，把岩石粉末置於不同溫度壓力的條件下，等待其反應完成之後，將其驟冷便可得到該溫壓環境下之礦物相與熔融成分。然後利用掃描式電子顯微鏡（Scanning Electron Microscope, SEM）及，將各溫壓環境下之礦物成分與玻璃成分加以分析。

高溫高壓實驗採用美國 Depths of the Earth 公司所生產之活塞鋼圈高壓儀，型號為 Quickpress 3.0。最高工作

溫度可達 2200 ，最高工作壓力為 2.5 京帕 ( GPa )，壓力誤差範圍為  $\pm 0.05$  GPa ( Bohlen, 1984 ; 飯塚義之個人資料 1999 )；溫度之測定是採用 C 型熱電偶 (  $W_5Re_{95}-W_{26}Re_{74}$  )，總溫度誤差估計小於 10 。而冷卻系統則是採用美國 Neslab 公司所生產之冷卻循環機，型號為 CFT-75。以下是高溫高壓實驗程序：

- 1、將長約 8mm 的金鈀管 (  $Au_{75}Pd_{25}$  ) ( Ford, 1978 ; Kawamoto and Hirose, 1994 ) 用槌子及金屬棒將一端封口後。把岩石粉末填入至七分滿，再將另一端開口以同樣方法封口。
- 2、將一條  $W_5Re_{95}$  線及另一條  $W_{26}Re_{74}$  線分別穿入四孔熱電偶管，並且把兩金屬線的末端折入相對的另一孔內，使兩金屬線互相交叉接觸作成熱電偶。
- 3、將各組件組裝成電爐組合，並且把包著本實驗樣本的金鈀管囊置入 ( 圖 2-1 )。
- 4、把組裝好的電爐組合放入壓力盤中，並且把壓力盤推入活塞鋼圈高壓儀中 ( 圖 2-2 )。
- 5、開始以油壓幫浦加壓至實驗所需壓力之 1.1 倍。
- 6、開啟冷卻裝置後，通電流使電爐組合升溫。
- 7、待電爐組合升溫至實驗設定溫度後，依實際需要再增減壓力至實驗壓力。
- 8、詳細紀錄實驗之溫度、壓力、電流值、電壓值及起始時間。並於實驗過程中，隨時紀錄溫度、壓力數值
- 9、待反應完成，切斷電源，此時熱電偶會顯示出一分鐘內下降至 100 以下的速率降溫，達到驟冷的效果。將反應後的金鈀管囊取出並且灌膠，之後將其拋光製成光片。
- 10、先利用反射式顯微鏡對光片標本進行初步的礦物相觀



1. 鹽管 ; 2. Pyrex 玻璃套管 ; 3. 石墨管 ; 4. 石墨蓋 ; 5. 葉蠟石 ; 6. 氧化鋁管  
 7. 樣品容器 ; 8. 氧化鋁盤 ; 9. 四孔熱電偶管 ; 10. 氧化鎂柱 ; 11. 底塞子 ;  
 12. 底塞子玻璃環 ; 13. 絕緣墊片 ; 14. 底塞子支撐 ; 15. C 型熱電偶

圖 2-1： 高溫高壓實驗之實驗組合

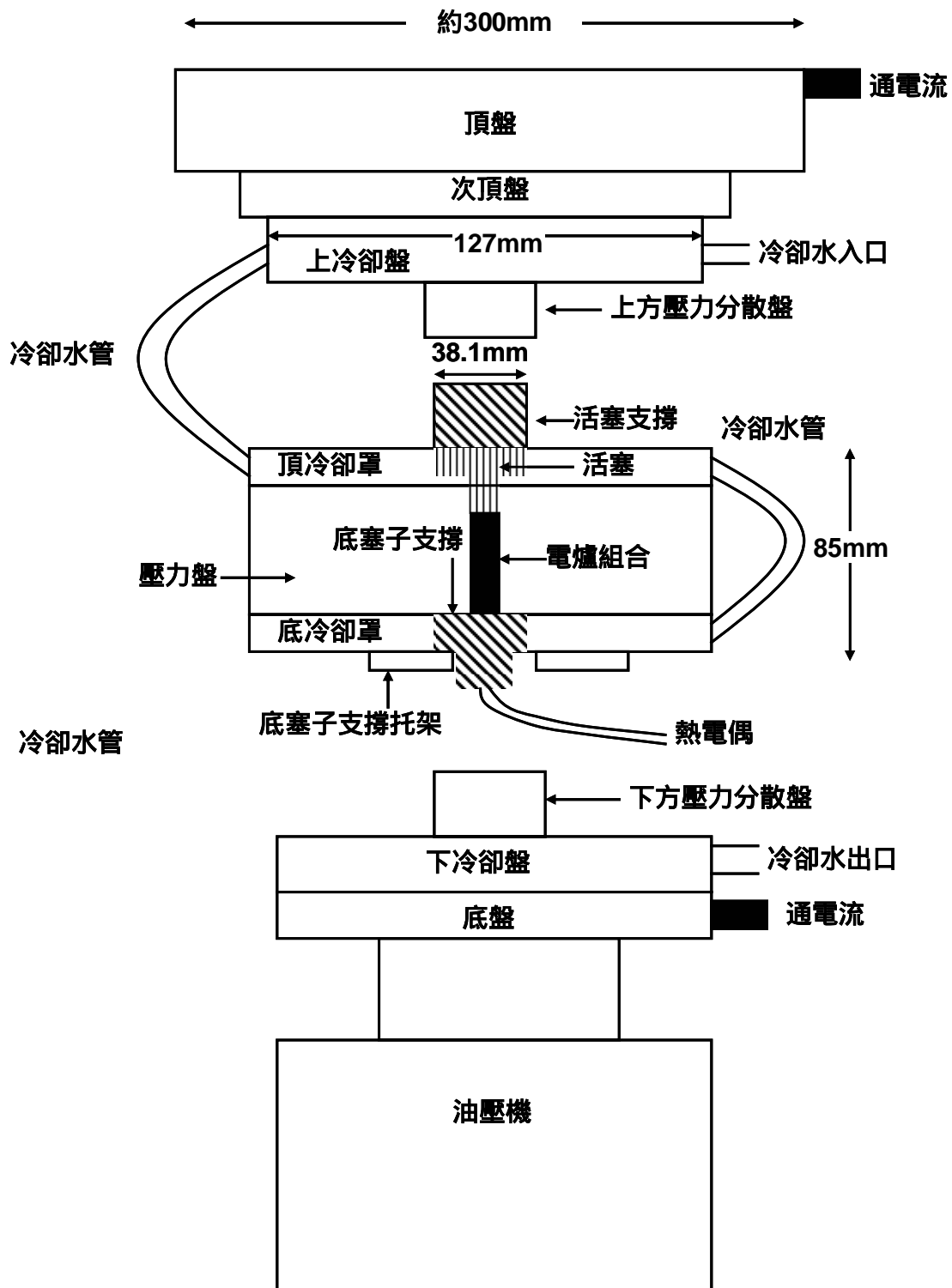


圖 2-2、高溫高壓實驗之實驗裝置

察鑑定，再利用掃描式電子顯微鏡進行各個礦物相與玻璃相的成分分析。

## 2-6、掃描式電子顯微鏡分析

本實驗岩石樣本、拋光的薄片與各實驗產物的光片，皆是先利用掃描式電子顯微鏡(SEM)，進行各個礦物相及玻璃相的初步觀察及相的判定。其中包括取得各個不同溫度壓力下的次生電子影像照片來做觀察，以及由掃描式電子顯微鏡中取得想要分析的範圍。再以能量分散光譜儀(Energy Dispersive Spectrometer, EDS)針對所選取的相作化學成分分析，可以根據分析出來化學元素的種類與強度來判斷該相是何種礦物相。

本研究是藉中央研究院地球科學所的掃描式電子顯微鏡(SEM)(圖 2-3)進行分析，型號為 JSM-6360/LV，分析時使用之加速電壓(Accelerated voltage)為 20 千伏(kV)，電流為 0.18 奈安培(nA)，工作的範圍為直徑約 10 毫米(mm)。

以下為掃描式電子顯微鏡(SEM)的操作程序：

- 1、將製備好的光片加上導電鋁箔後放入掃描式電子顯微鏡(SEM)觀察，抽真空至壓力低於 25 Pa，將電壓電流調至適當大小，畫面出現樣本。
- 2、找到欲觀察位置，對焦、調整放大倍率後拍照。
- 3、將所拍攝之掃描式電子顯微鏡(SEM)影像切換至能量分散光譜儀(EDS)觀察視窗，並通入液態氮降溫準備進行。
- 4、在掃描式電子顯微鏡(SEM)拍攝的影像上選取欲作能量分散光譜儀(EDS)分析之相(如：玻璃、礦物、金鈹等)，開始分析。

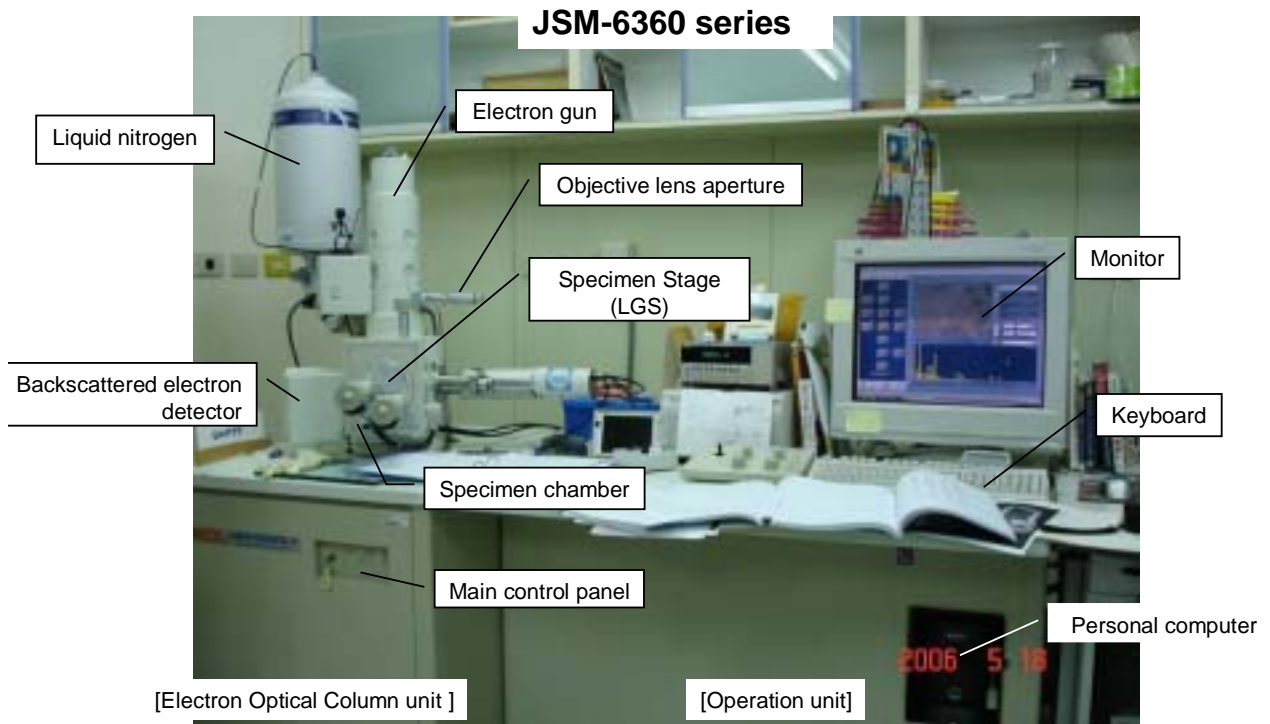


圖 2-3 掃描式電子顯微鏡，型號為 JSM-6360/LV

5、取得分析光譜後，根據元素的種類及強度來判斷該相。