

シリケートメルト中の発泡その場観察用加熱ステージの開発

Development of a heating stage for in-situ observation of bubble growth in silicate melt

佐伯 和人[1]

Kazuto Saiki[1]

[1] 大阪大院・理・宇宙地球科学

[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ.

酸化還元雰囲気制御可能加熱ステージを開発した。この加熱ステージはマグマの発泡現象をその場観察するために開発された。加熱ステージは市販品も存在するが、本装置にしかない特徴は、酸化還元雰囲気制御ができることと、透過照明で観察ができる事である。雰囲気制御ができることは、地球科学的なテーマの出発物質を実験する際は、必須である。雰囲気制御によって、地球内部はもとより、地球以外の天体の環境をも再現可能である。

マグマ発泡のきっかけは、減圧や昇温など様々な要因が考えられるが、近年注目されているのは、マグマ中の結晶成長によるものである。この現象を再現するためには、数時間の間、2 価の鉄が酸化しない雰囲気を維持できなくてはならない。雰囲気制御実現のために、水素ガス、二酸化炭素ガスの混合ガスをガス混合機で生成し、加熱ステージに送り込む。加熱ステージ本体はステンレス製であるが、その蓋や窓の接合部、ケーブルの挿入穴はシリコンゴムできており、気密を保つようになっている。混合ガスの流量は少ないが、加熱ステージ本体の容積は約 8 リットルもあるので、内部の酸素を追い出して実験可能な状態にするには、長時間かかる。そこで、Ar ガスを最大 2 リットル毎分で加熱ステージに注入し、内部の酸素を高速で排出するようにしている。

透過照明であることも発泡実験のためには大切な要素である。発泡現象はメルトの内部で起こる。反射照明の顕微鏡下では、メルトの表面の反射が強くて観察の障害となる。透過照明にするために、加熱ステージの上下に窓をつけてある。上下の窓は、それぞれ 3 重になっている。内側の窓は内部のガスと反応して失透したときに交換するためのシリカガラスの窓である。その外側には、赤外線反射ガラスが、最も外側には赤外線吸収ガラスが使われている。赤外線ガラスは、加熱ステージから外部への熱流を減らす効果と、加熱ステージ内部を CCD カメラ（近赤外にも感度がある）で撮影する際に、赤外線による露出オーバーを避ける目的がある。

炉心管は内径 12mm あり、耐火断熱素材を加工して作成した。発熱体は炉心管にまきつけられた白金、もしくは、白金ロジウム合金線である。炉心管は、高温でもろくなった発熱体が切れないよう、支える役割も果たす。炉心管のまわりも耐火断熱材で取り囲んであり、実用実験温度は 1500 に達する。上下 2 段の炉心管の間に、シリカガラスやサファイヤガラスを挟み込み、その上で熔融実験を行う。この構造のおかげで、透過照明による観察ができる。加熱ステージ本体は水冷により冷却されているため、内部は高温でも、外箱は手で触る事ができる温度である。

観察は、実体顕微鏡で行う。加熱ステージ内の試料付近の温度勾配を減らすために、加熱ステージの高さは 20 cm もある。その中央付近の試料にフォーカスが合うように、ワーキングディスタンス 136mm の実体顕微鏡を使用する。また、実体顕微鏡は、倒立顕微鏡に改造している。倒立化により、加熱ステージの操作がやりやすくなった。また、低粘性のメルトでの実験の際は、表面に泡が蓄積することがあるので、表面の泡に観察を阻害されないよう、下から観察することができる。倒立顕微鏡はテーブルに組み付けてあるため、接眼鏡で肉眼観察することは構造上難しい。そこで、CCD カメラで画像をモニターできるようにしている。さらに、高速発泡の記録用に、高速度カメラも取り付けられている。この高速度カメラは、毎秒 500 コマで画像を記録することができる。

加熱ステージには、5 系統の熱電対用信号線、2 系統の加熱用電力線、2 系統の汎用信号線が引き込まれている。汎用信号線には、将来、音響測定機器等を設置し、発泡に付随するさまざまな物理量を測定する予定である。