

マグマの発泡をその場観察する

Direct observation of bubble growth in ascending magmas

川本 竜彦[1]

Tatsuhiko Kawamoto[1]

[1] 京大・理・地球熱学・別府温泉

[1] Inst. for Geothermal Sciences, Kyoto Univ.

<http://www.vgs.kyoto-u.ac.jp/InetHome/kawamoto/>

マグマがどのように発泡するのか？高温高压条件でマグマを減圧して、それをその場観察できないか？東京大学の小屋口剛博博士から指摘を受けて、マグマの発泡をその場観察する実験デザインと問題点に関して報告する。

道具立て

バセット型外熱式ダイヤモンドアンビルセルは、ダイヤモンド全体を加熱するため、結果として試料全体を均一に加熱することができる(Bassett et al., 1993, Rev Sci Instrum)。1050 よりも低温で実験を行うことができる。ダイヤモンドを利用しているため温度に制限があり、安山岩よりも珪長質なマグマでの実験は可能であるが、玄武岩マグマは困難である(ダイヤモンド表面が不透明になる)。ガasketには高温で変形の少ないと考えられるレニウムを使用している。温度はクロメルアルメル熱電対を用いてモニターし制御した。熱電対は NaNO_3 , CsCl , と NaCl の大気圧での融解温度を用いて校正した。試料内の温度勾配は数 以内であると考えている。ダイヤモンドは広い範囲の波長の波に関して透明であるために、光学顕微鏡、赤外顕微鏡、ラマン顕微鏡、放射光(微小領域) X線と組み合わせて高温高压条件での物質の観察を行うことができる。ダイヤモンドアンビルセルに水とマグマを封入し、減圧することで発泡を観察することはできるだろう。減圧はレバー式といわれるダイヤモンドアンビルセルを使用した方がより簡単に制御できるかも知れない。

以前の研究

同様の外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いて、Martel and Bureau (2001, Earth Planet Sci Lett, 191, 115-127)により、発泡のその場観察実験が行われている。実験は外熱式ダイヤモンドアンビルセル中に水と合成した流紋岩(78.6% SiO_2 , 12.5% Al_2O_3 , 4.6% Na_2O , 4.2% K_2O)を封入し、高温高压条件で水とメルトが共存する状態に持っていき、そして、温度を下げる。温度を下げるると同時に(必然的に)圧力は等体積で圧力は等体積条件で低下する。圧力の低下は温度の低下を記録することで、推定することができる。圧力と温度は、水の密度を推定することで理解できる。温度、圧力の低下とともに(噴火とともに)メルトから気泡が晶出する。核形成と気泡が成長する様子をVTRに記録し、解析を行う。

実験上の問題点

(1) 圧力の推定は難しい

高温での圧力の見積もりは難しい。一般に500 よりも低い温度では、ルビーなどの蛍光線を測定することで圧力の見積もりができる。しかし、500 以上では蛍光が消えてしまうので不可能である。Martel and Bureau (2001, Earth Planet Sci Lett, 191, 115-127)と同様に水の密度から圧力を推定することは可能ではあるが、等体積を厳密に実現することは難しく、これに起因する圧力推定の誤差は大きい。私達は、現在、立方晶窒化ケイ素(cBN)のラマン散乱を利用して、高温での圧力の指標(そういう標準物質を圧力スケールと呼ぶ)を作成しつつある。もし、立方晶窒化ケイ素がマグマと反応せず、ラマン散乱が圧力の指標となるようであれば、減圧開始時の圧力を推定することはできる。

(2) 圧力測定と同時に観察することは困難

ただし、この場合でもラマン散乱光を測定すると同時に、メルトの発泡を可視光で観察することは不可能である。なぜなら、蛍光やラマン散乱は可視光領域にあるので、適切なフィルターやダイクロイックミラーは存在しない。つまり、ラマンは暗闇で見ないといけないのである。そのため、減圧時の圧力を記録することは難しい。

(3) 対物レンズの焦点

もう一つの問題点は、顕微鏡で観察する時の対物レンズの焦点から外れている気泡の外れている気泡を観察することはできない。すなわち焦点内に存在する気泡のみ観察可能である。