

SVC047-14

会場:301B

時間:5月24日 12:00-12:15

減圧による発泡マグマの破碎と脆性度の影響 Brittleness on the fragmentation of vesicular magma

岡部 渉^{1*}, 亀田 正治¹, 市原 美恵²

Wataru Okabe^{1*}, Masaharu Kameda¹, Mie Ichihara²

¹ 農工大・工・機シス, ² 東大・地震研

¹Mechanical Systems Engineering, TUAT, ²ERI, Univ. of Tokyo

マグマの破碎は爆発的噴火のトリガとされ、火山の噴火様式を決めるカギとなる現象である。我々は破碎の詳細なメカニズムを調べるために、マグマの模擬材料を急激に減圧して破碎させる室内実験を行ってきた。

マグマは Maxwell 型粘弾性体であり、固体/流体遷移の緩和時間が存在する。緩和時間、粘性率を剛性率で除したものは応力を緩和する早さの指標である。緩和時間と現象の代表時間の比である Deborah 数によりその物体の性質が決定される。Deborah 数が大きければ、その物体中には応力が残留することで固体的な性質が示される。

本実験では、減圧時間が現象の代表時間である。Deborah 数に加えて、本実験では、ポイド率、初期圧力、減圧量も、現象を支配する重要な物理量であるが、これまでの実験により初期圧力に破碎の有無は依存せず、減圧量とポイド率による気泡内と外の応力差である差応力と Deborah 数によって破碎の有無はきれいに整理された。破碎を起こすには臨界差応力が存在し、差応力がそれよりも小さいとき破碎は起こらないことが分かっている。

我々は Deborah 数が 0.1-10 付近の粘性を無視できないマグマの破碎の有無を「脆性度」(Ichihara and Rubin 2010) を用いて整理した。脆性度はある瞬間にマグマに加えられた力学的エネルギーのうち弾性エネルギーに分配される割合を意味するパラメータで、応力、応力の変化率、および、歪み速度の関数である。Kameda et al. (2008) の実験結果 (初期ポイド率 0.06, 初期圧力 3MPa) が、このパラメータでよく説明できることはすでに示されている (Ichihara and Rubin, 2010) が、ここでは、幅広い初期条件に対して破碎の有無と脆性度の関係を議論する。

マグマの模擬材料として酸素気泡を混入した水あめを使用した。水あめの含水率によって試料の粘度を調整した。実験には高圧管、真空タンク、二重隔膜から構成される装置を使用した。高圧管には観察用のガラス窓があり、そこに実験試料を設置する。高圧管を任意の初期圧力まで加圧し、真空タンクは約 10kPa まで減圧する。隔膜を破膜させることで高圧管を急激に減圧する。観察窓より高速度ビデオカメラにて試料を撮影する。初期圧力は 1.1 から 3 MPa までの値とし、さまざまな減圧速度を与えて実験を行った。実験試料のポイド率は 6% から 20% の範囲であり、粘度は 105 Pa s から 109 Pa s の範囲とした。

我々は、急減圧時の試料の様子を次の 3 つに分類した: (a) 試料が延性変形せずに破壊が発生する「脆性破碎」、(b) 試料がわずかに延性変形した後に破壊が発生する「脆性的破碎」、(c) 試料は膨張するのみで破壊が生じない「延性膨張」。破碎の様子から、モード (a) は固体的性質に由来する脆性破壊、モード (b) は粘性流動も含んだ延性破壊を起こしていると考えられる。

実験結果を、気泡表面の差応力が臨界差応力に達する瞬間における気泡壁の「脆性度」によって整理した。「脆性破碎」(モード (a)) は差応力の大小に関わらず、脆性度が 0.9 から 1 の間で起こっている。一方、脆性度が 0.6 から 0.9 の場合には、その後さらに差応力が十分増加するときのみ「脆性的破碎」(モード (b)) が起こる。言い換えれば、最大差応力が臨界差応力付近では破碎起こらない。さらに、臨界差応力における脆性度が 0.6 よりも小さいとき、その後の差応力の大小に関わらず、「延性膨張」(モード (c)) を示した。ここでは、加えられた変形エネルギーのほとんどが粘性によって散逸され、破碎を引き起こすには至らないと考えられる。

以上から 2 つの結論が導かれる。(1) 最大差応力が臨界差応力近傍のときは脆性度が 1、すなわちマグマが弾性的にふるまうときのみ破碎が起こる; (2) 最大差応力が臨界差応力よりかなり大きくなると、過剰に加わるエネルギーによって、マグマが粘性を示し始める領域でも破碎が起こる。

キーワード: 破碎, 粘弾性, 室内実験, 脆性度

Keywords: fragmentation, viscoelasticity, analogous experiment, brittleness