

## 減圧による発泡マグマ模擬材料の破碎に対する試料構造の影響 Mechanism of delayed fragmentation of vesicular magma by decompression

津郷 光明<sup>1\*</sup>, 志田 司<sup>1</sup>, 亀田 正治<sup>1</sup>, 市原 美恵<sup>2</sup>

Mitsuaki Tsugo<sup>1\*</sup>, Tsukasa Shida<sup>1</sup>, Masaharu Kameda<sup>1</sup>, Mie Ichihara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京農工大学工学府機械システム専攻, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>Mechanical System Engineering, TUAT, <sup>2</sup>ERI, Univ. of Tokyo

マグマの破碎は爆発的噴火のトリガとされ、火山噴火様式を決めるカギとなる現象である。我々は破碎発生メカニズムを調査するために、マグマの模擬材料（酸素気泡を混入した水あめ）を急減圧して破碎させる室内実験を行ってきた。その実験における破碎発生の有無を、気泡壁にかかる差応力の推定値が臨界差応力を超える時の脆性度（「臨界脆性度」と呼ぶ）[Ichihara and Rubin, 2010] を用いて評価した結果、以下のことが分かっている。「脆性破碎」は加えられる差応力の大小に関わらず、試料が固体的な性質を示すと考えられる臨界脆性度が十分大きい値（0.9 から 1.0 の間）で起こっている。そして、臨界脆性度が 0.9 よりも小さいとき、臨界差応力程度の差応力が加えられた試料は破碎を起こさず、流体的に膨張する。一方、臨界差応力よりも十分大きな差応力（1.5 倍程度以上）を加えられた試料は「遅れ破碎」を起こす。実際のマグマ破碎はこの遅れ破碎の繰り返しであるとみられる。よって、本研究では、「遅れ破碎」の原因を突き止めることを目指す。

「遅れ破碎」は、固体/液体遷移の緩和時間（粘性率を剛性率で除したもの）よりも後に発生する破壊を示す。さらに、気泡を含んだマグマの減圧では、粘性流動による気泡膨張によってマグマに加わる応力が緩和される。この粘性流体中における気泡膨張の特性時間は、初期気泡内圧力、粘性率、そしてポイド率の関数である。「遅れ破碎」の発生時刻を粘性流体中の気泡膨張特性時間を用いて整理した結果、「遅れ破碎」の発生時刻は、すべてこの特性時間より小さかった。ゆえに、「遅れ破碎」は膨張した気泡同士の連結によってマグマを分裂させる液体的破碎ではなく、差応力によってマグマを破壊する固体的な破碎（脆性的破碎）である。

遅れ破碎の原因を解明するために、試料の構造を変化させた急減圧破碎実験を行った。変化させる構造は(1) 試料のサイズ、(2) 試料内の気泡径、(3) 試料ポイド率およびその偏りの3つである。

ポイド率を 3~28%、臨界脆性度の推定値を 0.5（流体的変形）~1（固体的変形）の範囲として、試料サイズを 25 ml 程度に小さくして実験を行ったところ、破碎に必要な臨界値を超える差応力が加わり、かつ、臨界脆性度が 0.9 程度と高い場合でも破碎が起こらない試料が存在した。以前の実験で用いていた 100 ml 程度の体積を持つ試料は、同様の実験条件を与えたすべてのケースで破碎が起こっていた。試料の断面を観察したところ、サイズが小さいものの方が、同じサイズの気泡が均一に分布していた。試料内の気泡が均一に存在すると、すべての気泡周りに均一に応力が加わる。試料内の応力集中がなくなり、破碎しない場合が発生したと考えられる。

次に気泡径を変化させて実験を行った。試料内の気泡は、過酸化水素を混ぜた水あめに二酸化マンガンを加えることで発生させている。二酸化マンガン投入時の水あめの温度を高くすると平均気泡径が大きくなることが分かっている。このことを利用して、平均気泡径の大きい試料と小さい試料を作成し、2つの試料を並べて急減圧し、2つの試料の挙動を同時に観察した。すべての実験において、2つの試料の破碎の有無は同じになった。したがって平均気泡径の大きさは破碎の有無に影響しないと言える。

臨界脆性度の推定値が 0.9 付近の実験結果を整理したところ、ポイド率が 8% を下回る条件では破碎が起こっていないことが分かった。また高速度カメラで撮影した画像を確認したところ、破碎の生じている試料の内部に大きな気泡が確認された。そこでポイド率の低い試料に人工的に大きな空隙を作り、減圧実験を行った。その結果、欠陥を内包させた試料のみ破碎した。

これまで、均質な空間ポイド率を仮定して、気泡壁の差応力を計算し、臨界脆性度の推定に用いてきた。本研究の結果は、この推定方法の問題を示しており、脆性破碎を発生するために必要な臨界脆性度は、これまでの推定値よりも 1 に近いのかも知れない。一方、臨界脆性度の推定値が低い条件でみられる遅れ破碎は、試料内部のポイド率分布の偏りをきっかけとして、差応力と脆性度が局所的に増大することにより生じている、ということも示唆される。

キーワード: 破碎, 粘弾性, 室内実験, 脆性度

Keywords: fragmentation, viscoelasticity, analogous experiment, brittleness