

急減圧に伴う発泡粘弾性体の破砕現象

Fragmentation of vesicular viscoelastic material by rapid decompression

島貫 延 [1]; 亀田 正治 [2]; 市原 美恵 [3]

Susumu Shimanuki[1]; Masaharu Kameda[2]; Mie Ichihara[3]

[1] 農工大・工・機シス; [2] 農工大・工・機シス; [3] 東大・地震研

[1] Mech. Systems Eng., Tokyo Univ. of Agr. & Tech.; [2] Mechanical Systems Engineering, TUAT; [3] ERI, Univ. of Tokyo

マグマの破砕は火山の噴火様式に影響を及ぼす。我々は破砕発生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砕させる室内実験を行った。

マグマのような Maxwell 型粘弾性体には物質特有の緩和時間が存在する。緩和時間とはその物質に生じた応力を緩和する早さの指標であり、緩和時間と観察時間の値によりその物体の性質が決定される。応力緩和が早ければ、その物体中には応力が残留せずに液体的な性質が示される。逆に応力緩和が遅ければ、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。物体の破壊に関して比較すると、粘性流体の性質を含む物質は塑性変形を伴いながらの比較的長い時間に渡る破壊が進行するが、弾性のみを示す物質の破壊は脆性的にき裂が進展することで発生する。

火道を上昇中のマグマでは、火道内の減圧タイムスケールがマグマの破砕の特性時間である。そこで、我々は特に模擬材料の緩和時間と減圧のタイムスケールの比に着目して実験を繰り返した。

また、マグマ中に含まれる気泡の圧力で周囲のマグマが破壊されることにより破砕は発生する。そこでマグマ中の気泡量や周囲の減圧量が破砕モードに与える影響についても注目した。

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。材料の緩和時間は粘度と剛性率の比で定義される。水あめの粘度は固形分率を調整することにより簡単に制御することができる。固形分率の調整で剛性率は変化しないため、水あめの緩和時間は粘度のみに依存する。酸素気泡は二酸化マンガンを触媒として過酸化水素水より生成した。この時に使用する過酸化水素水の量を調節することで模擬材料中のポイド率を調節することができる。

実験装置は高圧管と真空タンクから構成されている。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。これらの部分は二段隔膜により隔てられており、この隔膜を破膜させることで高圧管を急激に減圧することが可能である。また、実験装置の流路を制限することでこの時の減圧速度を変えることができる。急減圧時は観察窓より高速度ビデオカメラにて試料を撮影し、実験試料上部の圧力センサにて高圧管内の圧力変化を計測する。

減圧量は 3MPa と 2MPa とし、0.1MPa/s から 280MPa/s の範囲で減圧速度を変化させて実験を行った。実験試料はポイド率が 6% のものと 12% のものの 2 種類を使用した。それぞれの実験試料は約 10^5 Pa.s から約 10^9 Pa.s の範囲で粘度を割り振った。

実験の条件により急減圧時の試料の様子が変化した。我々はそれらを破砕のモードとして次の 3 つに分類した。モード a: 試料が延性膨張せずに破壊が発生するもの。モード b: 試料が延性膨張した後に破壊が発生するもの。モード c: 試料は延性膨張するのみで破壊が生じないもの。破砕の様子から、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。

破砕モードは緩和時間と減圧の特性時間の比により変化する傾向が見られた。例えば減圧量 3MPa、ポイド率 6% の場合では、緩和時間と減圧特性時間の比が 1 以下の時に破砕モードは a となり、1 から 50 の間ではモード b、50 以上ではモード c となった。減圧量が 2MPa に減少すると緩和時間と減圧特性時間の比が満たさなければならない値は小さくなり、モード a の破砕が発生しにくくなった。ポイド率の大小によるしきい値の大きな変化は見られなかった。しかしモード b においては、ポイド率が高くなると延性膨張時間が短くなるという傾向が見られた。

これらの結果より、材料の緩和時間と減圧速度に加えて減圧量の大きさが破砕のモードを決定するといえる。