

ガラス転移温度付近におけるマグマの変形・破壊挙動 - その1 : 合成メルトの一軸圧縮試験

Deformation and fracture of magma around glass transition temperature-Part 1: uniaxial compression test on synthetic melt

市原 美恵 [1]; Rittel Daniel[2]

Mie Ichihara[1]; Daniel Rittel[2]

[1] 東大・地震研; [2] テクニオン・機械

[1] ERI, U. Tokyo; [2] Mech. Engineering, Technion

火山噴火の数値モデルを構築する上で、マグマの破碎・破壊の条件をどのように与えるかということが問題になっている。その条件として、流体マグマがガラス転移を超え、固体として振る舞う状態になることが重要であると考えられている。マグマのガラス転移温度については、すでに多くの計測がなされており、歪み速度や組成への依存性が明らかにされている。しかし、マグマがどのようにガラス転移を経て破壊に至るかについては、実測された例がほとんど無い。また、フロートガラスなど、通常のガラスに対しても、ガラス転移温度をまたぐような状態での破壊挙動については、研究が始められたばかりである。以上のような状況を受け、マグマの破壊特性の定量化を目指した実験を開始した。今回は、その第一報として、マグマ模擬物質の一軸圧縮試験の方法と結果を報告する。

1. 模擬物質

マグマ模擬物質として、ディオプサイド - アノーサイト系の共有点組成を持つ合成シリケートメルトを用いた。この組成を選んだ理由は、簡単な系ながら実際のマグマのメルト構造をよく模擬すること、粘性やガラス転移についてすでによく調べられていること、比較的低いガラス転移温度 (734 度 C) を持つことなどである。試料の作成は、試薬調合 - 融解 - 型取 - アニール - 切断成形 - 研磨という手順で行った。最終的な試料は円柱形で、直径は 10mm、又は、14mm、長さは 7mm から 14mm とした。

2. 実験方法

実験はイスラエル工科大学テクニオン機械工学科で行った。低い歪み速度 (0.001 1/s 以下) の試験には、油圧制御式の圧縮試験器 (MTS661.23B-01) を使い、高い歪み速度 (~1000 1/s) の試験には、Kolsky bar (Hopkinson bar) 装置を用いた。共に、圧縮軸として、900 度 C 付近まで使用できる耐熱性ニッケル合金 (インコネル 718) を用いた。二つの軸の間に試料を挟み、試料部分のみ筒型の電熱炉に入れて局所的に加熱した。試料内部まで十分に温度が上がるまで待ってから、歪み速度一定で変形を加え、応力と歪みの時間変化を計測した。

3. 実験結果

ガラス転移条件をまたぐ広い温度、歪み速度の条件で計測を行った。その結果、弾性変形・破壊・流動という多様な挙動が観察された。低い歪み速度でガラス転移以下の試験では、ほとんどの場合、2MPa くらいから圧縮軸に平行な亀裂面が発生し始めた。これは、slabbing という破壊モードに分類される現象と解釈している。室温で行った 1 つの試験では、1.5GPa まで亀裂面が入ることなく、その後一気に試料が粉碎し、飛び散った。また、ガラス転移を十分流体側に超えた条件では、試料の流動による大変形が見られた。その遷移域では、ある応力まで弾性変形した後組成流動が顕著になるような振る舞いが見られた。このとき、均質に微少クラックが発生するような変形の場合に類似した応力 - 歪み曲線が得られた。また、高い歪み速度の試験では、ガラス転移温度よりも十分高い温度でも、試料は 1GPa 程度の応力まで耐え、その後粉々に粉碎した。いずれの場合にも、固体的な破壊の前には、ほとんど流動は見られなかった。一方、流動が卓越するような条件の場合、顕著な破壊は起こっていないようであったが、試料を冷却したり取り出したりする段階で多数の亀裂ができてしまうため、確認は難しかった。今後、破壊や大変形を伴うマグマの挙動について考察を進めたい。