

## 部分溶融岩石のせん断粘性と体積粘性: 微小なメルトの影響

## Viscous constitutive relations of partially molten rocks: effects of small amount of melt on shear and bulk viscosities

# 武井 康子 [1]; Holtzman Ben[2]

# Yasuko Takei[1]; Ben Holtzman[2]

[1] 東大・地震研; [2] LDEO

[1] ERI, Univ. Tokyo; [2] LDEO, Columbia Univ.

部分溶融岩石のせん断粘性と体積粘性は、上部マンツルの流動やメルトの分離上昇過程を支配するパラメータとして重要である。部分溶融岩石のレオロジーの研究は、これまで主に実験的になされており、数パーセント~十数パーセントの液相分率の範囲でのせん断粘性については比較的多くのデータがある。しかし、上部マンツルで重要になると予想される1%以下の微小なメルトの効果や、コンパクションを考える際に重要となる体積粘性については、実験が難しいためデータがほとんど無く、未知の部分が多い。本研究では、部分溶融岩石の粘性構成則を、ミクロな内部構造と変形の素過程を考慮して理論的に導出した。この理論モデルにより初めて明らかになった微小なメルトの効果やせん断粘性と体積粘性の関係などについて報告する。

メルトの存在がせん断粘性に与える影響を定量的に予測したモデルに、Cooper and Kohlstedt(1989)のモデルがある。このモデルにおけるメルトの扱いは、物質拡散が十分速い場所としての概念的な扱いにとどまっている。本研究で提案するモデルは、固相、液相、およびその界面で要請される力学的つりあい、物質保存則、溶解・沈殿と拡散のカイネティクスを全て考慮し、また、3次元的な内部構造を考慮した新しいモデルである。メルトが全く無い状態から固体の接触が無くなる臨界液相分率までの広い範囲の液相分率に対して、せん断粘性、体積粘性、およびその異方性を、定量的に予測することができる。本モデルでは、Cooper and Kohlstedt(1989)のモデルと同様に、粒界拡散クリープ領域における変形を仮定した。体積拡散クリープや転位クリープについてはさらに研究が必要である。本モデルはまた、部分溶融岩石の弾性を扱ったTakei(1998)のモデルを粘性に拡張したものである。その理論的大枠は弾性も粘性も共通であるが、ミクロスケールでの粒子の変形を支配する素過程と粒界における力学的な境界条件(粒界すべりの有無)とが弾性と粘性では異なる。これまで、弾性とレオロジーは、異なる構造モデルを用いて独立に研究されてきたが、Takei(1998)と本研究とを合わせることで、弾性と粘性のふるまいを同一のモデルで比較することが可能になった。

本研究により得られた成果は以下の通りである。

(1) 部分溶融岩石の力学物性は、弾性も粘性も、コンティグイティ(固体粒子同士の接触状態を表す構造パラメータ)により決定される。

(2) 弾性はコンティグイティの2分の1乗に比例して変化するのに対して、粘性はコンティグイティの2乗に比例して変化する。また、コンティグイティの異方性は、粘性には大きな異方性を生じるが、弾性への影響は比較的小さい。従って粘性は、弾性に比べて、メルトの存在とその形状に敏感である。

(3) 0.1%以下の非常に少ないメルトであっても、メルトが全く無い場合に比べて、系のせん断粘性は有意に(~5倍程度)低下し、また体積粘性も、せん断粘性と同程度の小さな値を示す。

(4) 本研究で得られた結果は、液相分率が数パーセント~十数パーセントの範囲で実験的に得られた粒界拡散クリープ領域でのせん断粘性の液相分率依存性をよく説明する。

(1)-(2)に述べた弾性と粘性の類似点と相違点は、両者をコンティグイティという同一のパラメータの関数として導くことにより初めて明らかになった。また(3)は、Cooper and Kohlstedt(1989)のモデルからは得られなかった新しい結果である。近年、地球化学的な観測から、上部マンツルにおいては1~0.1パーセント以下程度の少ない液相分率におけるメルトの分離上昇過程が重要であるとの指摘がなされており、本研究の結果はこのようなプロセスを考える上で重要である。