

部分溶融岩石の粘性の異方性とメルト移動のダイナミクス～せん断変形と流体移動のカップリング～

Effect of viscous anisotropy on melt migration dynamics of partially molten rocks: Coupling between shear and isotropic components

武井 康子 [1]

Yasuko Takei[1]

[1] 東大・地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

流体相を含む系では、せん断面に平行な方向に流体が集まることにより系の流動性や浸透率が非常に大きく変わる。このような変形と流体移動の相互作用の生じる可能性は、物質科学的観測から示唆されるメルトの速い上昇速度を説明するために、あるいは流体相が変形の潤滑材として働く可能性を議論するために、古くから注目されてきたが、そのメカニズムは分からなかった。本研究では、流体相を含む多結晶体の流動特性を理論的・実験的手法により研究し、マイクロスケールでのぬれ特性の変化により生じる「粘性の異方性」がこのような相互作用を引き起こすことを明らかにした。

本研究ではまず、液相を含む多結晶体の粒界拡散クリープ領域での粘性構成則を、マイクロな内部構造に基づいて予測する理論モデルを開発した。既に開発した弾性構成則の理論 (Takei, 1998, JGR) と合わせると、弾性と粘性の両方を同一の内部構造モデルに基づいて予測することができ、両物性の定量的比較が可能になった。その結果、粘性は弾性よりも、内部構造 (コンティグユイティ) に敏感であることが分かった。アナログ部分溶融岩石の変形実験から得られた差応力下における異方的なコンティグユイティ (Takei, 20005, JGR) を代入することにより、変形下における部分溶融岩石の粘性の異方性を定量的に予測した。得られた粘性テンソルには非対角成分が存在し、応力や歪のせん断成分と体積成分がカップルすることが分かった。このようなカップリングは、等方的粘性のもとでは生じず、異方的粘性に特徴的な現象であり、実験的にも確認されている (Takei, 2001, 20005, JGR)。

得られた粘性構成則を、固液二相系のダイナミクスを記述する支配方程式系とあわせて解き、粘性の異方性がメルトの移動に与える影響を調べた。これまで、マントル対流のような非圧縮性流体の計算において粘性の異方性の影響を調べた研究はあるが (例えば, Honda, 1986, GRL) 固液二相系について粘性の異方性の影響を調べた研究はない。固液二相系のように体積変形の起こりうる系では、粘性の異方性がもたらすせん断成分と体積成分のカップリングにより、せん断変形と流体移動の相互作用が生じ、粘性の異方性の役割が遥かに重要なものになることが分かった。特に、一様なせん断変形下でメルトの集まった層がせん断面に低角に発達することや、せん断応力に勾配のある場ではせん断応力の高いほうへメルトが移動することなどが理論的に予告された。本研究の結果は、せん断変形がメルトの上昇に大きな影響を与え得ることを示すものである。また、メルトの存在がマクロな変形における潤滑材となる可能性を示唆するものである。