

流れの局在化がアナログ部分熔融系の輸送特性に与える影響について

The role of flow localization in transport property of analogue partially molten system

高嶋 晋一郎[1], 熊谷 一郎[2], 栗田 敬[3]

Shinichirou Takashima[1], Ichiro Kumagai[2], Kei Kurita[3]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東工大・理工・地惑, [3] 東大・地震研

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ, [2] EPS, TITECH, [3] ERI, Univ. of Tokyo

岩石が部分熔融した領域での液体の移動現象を理解するために、固液混合系の液体割合を変えて浸透率測定を行った。液体割合が小さい所では、液体は固体相が作る構造の空隙中を移動し（均質浸透流）、大きい所では液体の流れが集中して、固体相が液体相と共に移動する領域が現れた（不均質チャンネル流）。液体割合が大きいところでの浸透率と、小さいところでの浸透率を外挿したものとを比較すると、両者に有意な違いがあった。この実験結果は流れ様式の移り変わりによって液体の輸送効率が大きく変化することを示している。

岩石が部分熔融した領域では、液体の移動様式に二つの対照的なモデルが存在する。「均質浸透流モデル」と「不均質チャンネル流モデル」である。熔融と変形の進行に伴い、均質浸透流から不均質チャンネル流への移り変わりが生じると考えられている。Takashima et al. (2002) では、固体相にかかる力に不均質があることで、固体相のフレームが壊れて固体相が液体のように振る舞う領域が生まれ、流れ様式の移り変わりが生じることを報告した。この流れ様式の移り変わりは液体の輸送効率に大きな影響を与えると期待される。液体割合を変えて浸透率測定を行い、どの程度の違いが生じるかを調べた。

実験の詳細

円筒状の容器に柔らかいゲル（固体相）と粘性流体（メチルセルロース水溶液）を混ぜたものを入れ、容器の両端を拘束して混合状態を作る。容器の一端から先に述べた粘性流体を入れて液体を流し、容器の両端の圧力差と流量を測定する。Darcy 則から浸透率を決める。

結果 1（液体移動様式）

液体割合が小さい所（30%以下程度）では、均質浸透流的に液体が移動し、大きい所（30%以上程度）では、チャンネル流的に移動することが観察された。

結果 2（浸透率の比較）

低い液体割合（液体割合 29%）で得られた浸透率が載るように Kozeny-Carman 式（固体相フレームが変形しない系で成り立つと考えられている浸透率の経験式）を作り、高い液体割合（液体割合 44%）での浸透率と比較した。その結果、3 倍程度チャンネル流での輸送効率が大きいことがわかった。

議論

チャンネル流ができたのは、液体割合の分布にわずかな不均質があったからと考えられる。そのため、流れが一樣でも固体相にかかる力には不均質があり、固体相が液体と共に流れる領域ができ、そこに流れが集中したと考えられる。チャンネル流の輸送効率が均質浸透流のそれと違うのは、流れに直交する方向に液体割合の大きな不均質が生じたからだと考えられる。測定結果はチャンネル流の方が均質浸透流より有意に輸送効率が良いことを示している。輸送効率の違いは 3 倍程度だったが、これは容器の大きさに比べて固体相が大きかったからだと考えられる。なぜなら、集中した流れが一つしかできなかったからである。チャンネル流と均質浸透流の輸送効率の違いを明らかにするには、チャンネル流に特徴的な波長があるのか、あるならどの程度になるのかを明らかにする必要がある。