

変形する多孔質物質の輸送特性

Transport properties of deformable porous media

高嶋 晋一郎[1], 栗田 敬[2]

Shin'ichirou Takashima[1], Kei Kurita[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・地球惑星

[1] Earth and Planetary Phys., Tokyo Univ, [2] Dep. Earth & Planet. Phys., Univ. of Tokyo

固体相が柔らかく変形できることが浸透流の振る舞いにどんな影響をもたらすかを、浸透率の測定を通して調べた。

その結果、メルトの体積分率と浸透率の関係は Kozeny-Carman 式と比較して穏やかな変化を示し、低い体積分率では大きな値を示すことがわかった。

その他に臨界圧力勾配やヒステリシスといった、通常多孔質では見られない現象が見いだされた。

火山活動の規模、タイムスケールを考える上でマグマの移動は重要なプロセスである。一般的に部分熔融状態でのマグマの移動は porous media 中の浸透流として記述されると考えられている。固体岩石とメルトが共存する状態では固体相はその融点に近い温度にあるため、柔らかく比較的小さな圧力で変形することができると考えられる。また、メルト相の形状は固体相との界面張力の影響を大きく受けているため、部分熔融状態のマグマの移動モデルとしては、“ガラスビーズ+水”のような通常多孔体モデルでは近似できないと考えられる。本研究では固体相としてきわめて柔らかいハイドロゲルを用い、固体部分が変形するということが浸透流の振る舞いにどういった影響を与えるかを、浸透率の測定を通して調べた。

固体部分が変形しない場合の浸透流に関して、浸透流の平均速度が加えられる圧力勾配に比例するという、Darcy 則なる経験則が確立されているが、固体部分が変形できる場合もこの経験則が成り立っていると思って、浸透流の平均速度から浸透率を見積もる。

実験は以下のようにしておこなった。変形する物質としてハイドロゲルを筒状の容器に詰め、この容器の入り口と出口の間に圧力差を付けて水を流し、この水の流量の時間的変動を測る。加えられている圧力勾配とそのときの流量の線形関係から浸透率を決める。

この実験から以下のようなことが見いだされた。

<メルト相の存在形態>

実験では径数 mm のハイドロゲルに水を混ぜ、両端の位置を拘束して圧密状態にした。総体積を制御することによりメルト相の体積分率を 5 - 25% の範囲で変化させた。いずれの場合においてもハイドロゲルは圧密を受けて多面体に変形し、メルト相はエッジ部分、三重点部分に存在し、高圧実験で見られる界面張力コントロール下のメルト相と極めて類似している。

<浸透流の特性>

固体部分が変形できる場合にも、基本的には Darcy 則が成立している。しかしある大きさ以上の圧力勾配を与えないと流れが生じないこと（臨界圧力勾配の存在）、圧力上昇パスと下降パスで流量が異なること（ヒステリシスの存在）など、通常多孔質では見られない現象が見いだされた。また、メルトの体積分率と浸透率の関係は Kozeny-Carman 式と比較して穏やかな変化を示し、低い体積分率では大きな値を示す。

この実験で melt の体積分率を減らすことはゲルにかかる圧力が増えることに対応していることから、ゲルがより大きい圧力を受けると流路を押し広げるように変形することが予想される。

今後、よりよく柔らかい物質中への浸透流の振る舞いを研究するために、porous media 内の電気伝導度構造を調べる、硬度と大きさの異なるゲルを用いる、筒状の容器の側壁を変形させて圧力を制御できるように実験装置を改良する、ということをおこなって情報量を増やす。