

部分溶融物質の浸透率と電気伝導度

Permeability and electrical conductivity of partially molten material

高嶋 晋一郎[1], 栗田 敬[2]

Shinichirou Takashima[1], Kei Kurita[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・地球惑星

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

結晶粒界中に存在する液体相は浸透流として移動し、その移動は浸透率によって支配される。浸透率は液体相の形状に強く依存する。上部マントルの部分溶融領域において、メルト相の形状は固液間の界面エネルギーによって制御されて複雑である。この複雑な形状に対応する浸透率を知ることは、この領域でのメルト移動プロセスを考える上で非常に重要である。本研究ではそのメルト相の複雑な形状に対応する浸透率を明らかにするために、非常に柔らかいゲルを固体相のアナログ物質として固液混合系を作った。この系は擬似接触角の測定から上部マントルの部分溶融系をシミュレートすることがわかった。この系の浸透率と電気伝導度を測定した。

初めに

結晶粒界中に存在する液体相は浸透流として移動し、その移動は浸透率によって支配される。浸透率は液体相の形状に強く依存する。上部マントルの部分溶融領域において、メルト相の形状は固液間の界面エネルギーによって制御されて複雑である。この複雑な形状に対応する浸透率を知ることは、この領域でのメルト移動プロセスを考えるうえで非常に重要である。本研究ではそのメルト相の複雑な形状に対応する浸透率を明らかにするために、非常に柔らかいゲルを固体相として作った固液混合系の浸透率を測定した。地球内部の浸透率を観測できないのに対し、電気伝導度はMT法などによって観測できる量である。両者の関係がわかれば、それは地球内部の浸透率を推定する道具になる。浸透率と電気伝導度の関係を明らかにするために電気伝導度も合わせて測定した。

実験方法

ゲルを食塩水と混ぜて筒状の容器（直径 60mm）に詰め、両端の位置を拘束して圧密状態にする。総体積を制御して液体相の割合を2%から30%まで変化させる。この混合系に加えられる圧力勾配に対する流量を測り、Darcy則を使って浸透率を決める。我々の実験条件下では流量と圧力勾配の間に線形関係が良く成り立ち、Darcy則を支持する。また、実験装置の両端に電極を置き、抵抗を測って電気伝導度を見積もる。ゲルは絶縁体なので、電気伝導度は液体の量とつながり具合を反映する。さらに、この混合系での液体相の形状を調べるため、食塩水の代わりにエポキシ樹脂をゲルと混ぜて混合系をつくり、圧密状態にして、エポキシが固化後取り出して、その断面から液体相の接触角を測る。

結果

液体相の断面から、液体相が三重点部分に集まることが観察された。測った角度から、その平均値は54.2度で中間値は52度だった。Waff & Bulau (1979)は上部マントルに対応する条件でolivineとbasaltic meltについて高温高压実験を行い、接触角を測り、中間値として47度という値を得た。本研究での52度という中間値はマントルでの値と良い一致を示し、実験に使用したゲルがマントル物質のアナログになることが示された。

浸透率と電気伝導度に関して、全般的な特徴として両者とも液体相の割合のべき乗で変化する。細かく見ると、液体相の割合の多いところ（約30%から約10%）と少ないところ（約10%以下）で振る舞いが異なることがわかった。浸透率について、べき乗の次数は液体相の割合の多い範囲（30%から10%）で約3.7、少ない範囲（10%以下）で約5.7だった。電気伝導度についてはそれぞれ約1.9と約2.6だった。液量の少ない範囲では液量の減少とともに次数は大きくなった。また、実験範囲内では有限の液体相の割合でこれらの輸送特性がゼロになる現象（percolation threshold）は見られなかった。

ゲルで得た浸透率を経験式 Kozeny-Carman の式 (Carman, 1956) と比較する。この式は固体相がガラスピーズのような変形しない系での経験式であるが、固体相が変形する系では確認されていない。比較すると、液体相の割合が10%ぐらいまでは両者は良く一致するが、10%より低いと我々の測定値は有意に低くなる。Bargen & Waff (1986)の提案する浸透率モデルでは、接触角が60度より大きいところでの液体相の連結が切れるプロセスによって浸透率が急激に減少すると考えている。このモデルとゲルの系で接触角に分布があることから、液量の少ないところでの浸透率の振る舞いは、接触角の大きいところで液体相の連結が切れるプロセスによって説明できる。

現実の部分溶融系でも接触角に分布があることがわかっており、接触角が大きいところで液体相が切れるプロセスによって、ゲルで得られたような浸透率の振る舞いが現実の系にも生じることが暗示される。

測られた浸透率と電気伝導度の関係から、両者ともに液量の多い範囲（約30%から約10%）と少ない範囲（10%

以下)で異なる挙動を示すにもかかわらず、浸透率は電気伝導度の2乗に比例することがわかった。