

部分溶融アナログ試料を用いた周期変形試験: 地震波減衰へのアプローチ

Experimental approach to seismic wave attenuation in partially molten material by using a cyclic deformation apparatus

藤澤 和浩 [1]; 武井 康子 [1]

Kazuhiro Fujisawa[1]; Yasuko Takei[1]

[1] 東大・地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

地球内部における温度不均質や流体相の分布を推定するために、地震波減衰 (Q^{-1}) の重要性が認識されている。沈み込み帯や中央海嶺を対象とする近年の地震波解析では、 Q_P が高い空間分解能で決定されており、部分溶融が予想される領域で大きな Q_P^{-1} が得られている [Tsumura et al, 1998 など]。一方、減衰測定実験や Q の理論的見積もりは、せん断変形成分 (Q_G) に関して行われてきたが、体積変形成分 (Q_K) の温度依存性や、共存流体相が減衰に及ぼす影響に関しては理解が進んでいない。このため、部分溶融領域における Q_P^{-1} 観測値を解釈する手法が確立していないのが現状である。本研究の目的は、部分溶融多結晶体における温度、粒径や流体相の体積分率、ポア形状から Q_K , Q_G を予測できる理論の構築である。本研究では、アナログ部分溶融多結晶体試料の減衰測定実験を、体積変形を含む変形モードである縦変形で行い、理論構築の基礎となるデータを取得する。

減衰測定実験に関しては、 Q^{-1} が一般に強い周波数依存性を持つことから、地震波帯域を含む広帯域で測定を行うことの重要性が認識されてきた。我々は、試料を 0.1 mHz - 100 Hz で周期変形させる測定装置の開発を行ってきた [藤澤・武井, 2006 連合大会]。この装置では、高さ 80 mm, 直径 40 mm の円筒状試料に一軸応力を加え、試料上端で変位 (10^{-6} m) を測定する。応力と歪の位相差から試料の Q^{-1} を求める。試料の歪振幅は 10^{-5} 程度であり、クラックの開口等による非線形性が生じない程度に小さく抑えることができる。アクリル試料を用いた予備測定では、 Q^{-1} は 0.002 程度の誤差で再現された。また、応力と歪の振幅比から決定されるヤング率 E の分散から見積もった Q_E^{-1} は、位相差から決定された Q_E^{-1} と調和的であり、測定データの信頼性が示された。

多結晶体試料には、ボルネオール・ジフェニルアミン共融系 (共融点 43°C) [Takei, 2000] を用いる。この系は、部分溶融時に界面張力平衡に達したときのポア形状が岩石 + メルト系に近いという特徴がある。恒温槽の中で実験を行い、試料を長時間 (100 時間以上) にわたり定温に保ち、定常的な粒径、ポア形状に達した後に測定を行う。温度によって濡れ角を 35° - 17° の範囲で変える。また、2 成分の混合比によってメルトの体積分率を変える。

部分溶融試料のデータから共存流体相が減衰に及ぼす影響を評価するためには、メルトなし試料での周波数依存性、温度依存性のデータが不可欠である。現在までに、ボルネオール単成分で作成したメルトを含まない試料の測定を行った。1 mHz - 30 Hz では $Q^{-1}=0.01$ - 0.05 という値で、周波数が低いほど大きな Q^{-1} であった。 Q^{-1} が周波数のべき乗であるとするモデルにフィッティングすると、べきの値は 60°C で 0.18 という値であり、周波数依存性は大きくはないが数桁にわたって顕著であった。べきの値は 20°C - 60°C の範囲では温度が高いほど大きく、温度が高いほど周波数依存性が大きくなる傾向が現れた。

地震波帯域で生じる応力緩和過程の有力な候補とされている粒界すべり [Jackson et al., 2002 など] に関して、流体ポアを含む多結晶体で生じる緩和強度の理論計算を行っている。緩和強度は、 Q^{-1} の全周波数帯域での積分値に相当し、粒界でせん断応力が 0 に緩和した多結晶体とせん断応力が緩和していない多結晶体の、弾性率の差に等しい。弾性率は、結晶粒子の構成則、多結晶体の平均応力と粒子内応力の変換則、及び、多結晶体全体の歪と粒子内変位の変換則をあわせて解く手法 [Takei, 1998] により計算する。粒子・ポアの分布や配向に方位依存性がない、等方的な多結晶体に関して計算した結果は、流体相の体積分率によらず、せん断成分に比べて体積弾性成分の緩和強度がきわめて小さく、 $QK^{-1}/QG^{-1}=0$ であることを示している。