

岩石非弾性の実験的研究

Research Highlights

Experimental study on rock anelasticity

地球を構成する岩石が、地震波を伝える「弾性」と、マントル対流を生じる「粘性」の両方の性質を持つことは良く知られているが、弾性と粘性の中間の周波数帯域では、地震波の減衰と分散（地震波速度が周波数に依存すること）を生じる「非弾性」とよばれる性質を示すことはあまり知られていない。最近、この「非弾性」が大きくクローズアップされている。それは、地震学の進歩により地球内部の地震波速度構造が高精度で求められるようになったが、求めた構造から地球内部の温度分布や流体分布などの重要な情報を取り出すためには、岩石の非弾性特性の理解が必要となることが分かったからである。

岩石の非弾性特性には未知の部分が多い。これは、高温高圧下で非弾性を測定することが難しいため、世界的にも1, 2のグループによる限られた条件下での実験データしか得られないためである。そこで我々は、有機物の多結晶体を岩石のアナログ物質として用いることで実験を簡素化し、多結晶体試料の減衰と分散を約6桁にわたる周波数範囲（ 10^{-4} –50 Hz）で、温度・粒径・化学組成・メルト分率の関数として測定できる新しい実験手法を確立し、個々の物質にはよらない非弾性の物理を明らかにすることを目指している。本研究で開発した装置を図1に示す。実際の岩石を用いた実験（ 10^{-3} –1 Hz）に比べて測定できる周波数範囲が広く、また、同じ試料に対してクリープ実験から粘性を、超音波実験から弾性を精度よく測定できる。このメリットを活かして実験を行い、多結晶体の非弾性には個々の物質によらない普遍的な相似則が存在することを明らかにし、岩石の非弾性特性の理解を一步進めた（図1）。

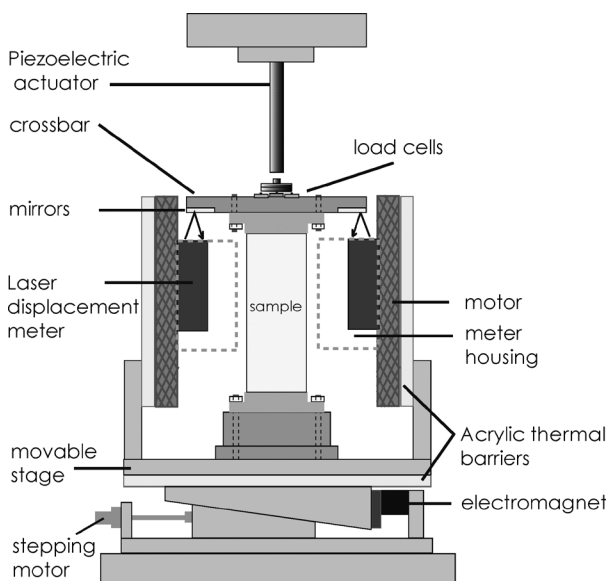


図1 本研究で開発した、多結晶体の非弾性を測定するための実験装置

Fig.1 Custom fabricated forced oscillation apparatus.

Although “elastic” and “viscous” behavior of rocks are well known from seismic wave propagation and mantle convection, respectively, “anelasticity” of rocks causing dispersion and attenuation of the seismic waves are not known. However, importance of rock anelasticity has been recognized recently, because it plays an important role in the interpretation of seismic velocity structures in quantitative terms of temperature heterogeneity and/or fluid distribution in the Earth.

Rock anelasticity has yet been poorly understood, due to the difficulty of high temperature and high pressure experiments performed on the rock samples. We, therefore, developed a new experimental method by using organic polycrystalline material as a rock analogue. The custom fabricated apparatus is shown in Fig. 1. Using the rock analogue, anelasticity over a broad frequency range (10^{-4} –50 Hz), viscosity, and elasticity (unrelaxed modulus) can be measured accurately as functions of temperature, grain size, chemical composition and melt fraction. As shown in Fig. 2, we found that anelasticity of polycrystalline material follows a similarity rule such that attenuation spectra can be given by a single-valued function of the frequency normalized to the Maxwell frequency.

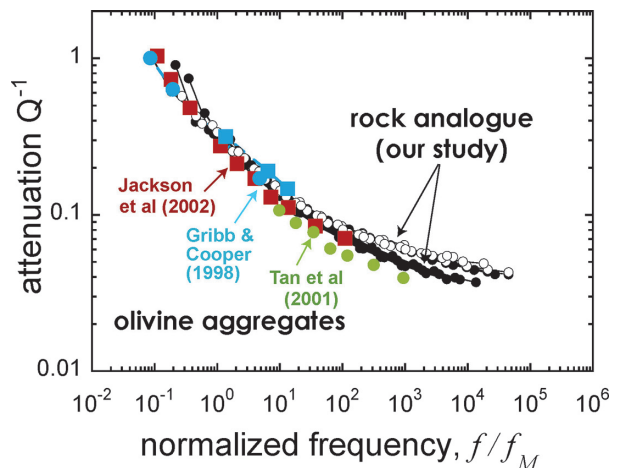


図2 本研究において、様々な温度・粒径で測定された有機物多結晶体の減衰スペクトル（○・●）は、マックスウェル周波数で規格化された周波数でプロットすると、すべて一本のマスターカーブに載ることが分かった。マントル鉱物であるオリビン多結晶体の減衰データ（赤、水色、黄緑）も同じマスターカーブに載る。

Fig.2 When frequency is normalized to the Maxwell frequency, Q^{-1} spectra obtained for various temperatures, grain sizes and materials collapse onto a single master curve, showing a similarity and universality of anelasticity.