

アナログ物質を用いた多結晶体の非弾性実験：融点近傍における振る舞い Experimental study of anelasticity of a polycrystalline material near the melting temperature

山内 初希^{1*}; 武井 康子¹
YAMAUCHI, Hatsuki^{1*}; TAKEI, Yasuko¹

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo

岩石の非弾性は、上部マントルの地震波速度・減衰 Q^{-1} 構造を解釈するために必要となる重要な物性である。しかし地震波の周波数、高温高圧下でおこなわれる岩石の非弾性実験は困難でデータが少ない。そこで我々は岩石のアナログ物質として有機多結晶体 (ボルネオール, $C_{10}H_{18}O$) を使って実験をおこなっている。ボルネオールは融点が $204.5^{\circ}C$ と岩石に比べて低い。不純物としてジフェニルアミン ($(C_6H_5)_2NH$) を混ぜることで共融点が $43^{\circ}C$ とさらに低くなり、岩石よりも簡単にメルトを含む試料を作成できるというメリットがある。そしてボルネオール+ジフェニルアミン系のメルトの形状はオリビン+バサルト系のものでとてもよく似ている。[Takei, 2000]

McCarthy et al.(2011) ではボルネオール多結晶試料を用いてさまざまな温度 ($20-50^{\circ}C$) ・さまざまな粒径で強制振動実験をおこない、ヤング率と減衰 Q^{-1} を周波数 $f=10^{-4}-2Hz$ で測定した。また、クリープ実験をおこなって粘性を測定し、マクスウェル周波数 f_m を求めた。得られた Q^{-1} を f_m で規格化した周波数に対してプロットすると、さまざまな温度・粒径でおこなった結果がすべてほぼ 1 本の曲線上にのることが示された。さらにオリビン多結晶を用いた他の実験結果 (Gribb and Cooper, 1998, Tan et al., 2001, Jackson et al., 2002) も同じ曲線上にのることがわかり、多結晶体の非弾性には物質に依らない普遍性があることがわかった。しかしこの実験の規格化周波数の領域 ($f/f_m < 5 \times 10^4$) は地震波の規格化周波数領域 ($f/f_m = 10^6 - 10^9$) には届いていないため、マクスウェル周波数 f_m を用いた非弾性の規格化が地震波の周波数領域でも有効かどうかは明らかではなかった。

その後試料製法や実験装置に改良を加え、Takei et al.(in preparation) では McCarthy et al.(2011) よりも低温 ($0-20^{\circ}C$) ・高周波数領域 ($f=10^{-4}-50Hz$) でより精度の良い実験が可能となった。この実験では試料として純粋なボルネオール多結晶体の他にボルネオール+ジフェニルアミン多結晶を用いた。そして McCarthy et al.(2011) と同様にマクスウェル周波数 f_m で規格化した周波数に対して Q^{-1} をプロットした結果、 $f/f_m = 10^4$ 以上の領域では温度や粒径、化学組成によって大きさの異なるピークがあらわれ、データが一本の曲線にはのらず大きくばらつくことがわかった。したがって地震波の規格化周波数領域では単純なマクスウェル周波数 f_m による規格化が当てはまらないことがわかった。このピークは温度が高いほど、また不純物を含むほど大きい。ボルネオール多結晶体の融点はジフェニルアミンを不純物として含むことで $204.5^{\circ}C$ から $43^{\circ}C$ に下がるので、同じ温度では純粋な試料よりも不純物を含む試料のほうが融点に近い。そして温度が高いほど、つまり融点に近づくほど Q^{-1} が大きくなることから、上部マントルのような高い Q^{-1} をもつ構造を理解するためには融点付近の多結晶体の非弾性のふるまいを理解することが重要と考えられる。

本研究では、ジフェニルアミンを不純物として含むボルネオール多結晶を用いて融点 $43^{\circ}C$ をまたぐ温度範囲 ($20-46^{\circ}C$) で、また、周波数 $f=2 \times 10^{-4}-50Hz$ の範囲で上記の先行研究と同様の実験をおこなった。これまでの実験から、試料の粘性・非弾性などの物性が融点付近で徐々に変化していくという結果が得られた。これは、物性は融点を超えてメルトができた途端に急に変わるという今までの認識とは異なるものである。今後、融点付近の非弾性をさらに深く知るために粒径やメルト分率を系統的に変えて実験をおこなっていく予定である。

キーワード: 非弾性, 地震波減衰

Keywords: anelasticity, seismic attenuation