

差応力下における部分溶融物質の内部構造変化と力学物性への影響

Microstructural change and mechanical properties of experimentally deformed partially molten aggregates

武井 康子[1]

Yasuko Takei[1]

[1] 東大・地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

固体地球内部において、水やメルトが存在する固液共存領域の力学物性(弾性、粘性など)や輸送特性は、媒質のミクロな内部構造に大きく依存する。近年、静水圧下におけるミクロな内部構造が、固液間のぬれ特性を表す物性量「ぬれ角」により決まることが明らかになり、地球内部の様々な固液共存系のぬれ角を測定するための高温高压実験が精力的になされてきた。しかし一方で、部分溶融岩石を変形したらそのぬれ特性が変化し、液相が粒界を良くぬらしてクリープ強度を低下させたとの実験結果が報告され(Jin et al., 1994)、ミクロな内部構造を差応力下において調べることの重要性が強く認識された。しかし高温高压下での変形実験の困難さから、差応力下での実験データはまだ少ない。また、差応力が内部構造に与える影響は、その空間スケールや異方性について見ても様々であり、構造変化を生じる原動力やメカニズムについての系統的な理解は得られていない。

本研究では、差応力や変形が部分溶融物質の内部構造に与える影響を実験的に調べるため、アナログ物質(有機物結晶+メルト)を用いた変形実験を行った。大容量(70mm角)のアナログ部分溶融試料を一樣なせん断応力下で変形し、変形中の試料の内部構造を横波二成分の超音波でその場観察した。開発した実験装置では、試料に連続的に加え得る歪の最大値が数%程度である。これまでの実験はこの範囲で行い、差応力下でのみ出現する異方的な内部構造を超音波によりとらえることができた(Takei, 2001)。しかし構造変化の振幅は小さく、超音波により観察した構造を顕微鏡下でとらえることはできなかった。そこで本研究では、同じ試料をせん断応力の向きを変えて繰り返し変形した。その結果、構造変化に蓄積が生じ、顕微鏡下で観察できる大きさの構造変化を得ることができた。また、この構造変化に伴う試料の力学物性(弾性、非弾性、粘性)の変化を、定量的に測定することができた。

本研究で観察された差応力(又は変形)による内部構造変化は、(1)粒界のぬれの促進、(2)粒成長の促進、(3)大きなスケールのシート状メルト構造の発達、(4)メルトフラクションの均質化の促進、の4つにまとめることができる。粒界ぬれと粒成長については、固体粒子の粒径とコンティグイティ(各固体粒子の表面積のうち周囲の固体粒子と接触している割合)を測定することにより、定量的なデータを得た。シート状のメルト構造の実体は、非常にぬれの良い粒界の並びであり、粒界ぬれの促進を素過程として形成されたことが示唆される。これらの構造変化に伴う力学物性の変化は、(1)横波速度の大幅な低下、(2)過度的クリープ速度の大幅な増大、(3)定常クリープ速度のわずかな低下(又は、不変)にまとめることができる。横波速度の大幅な低下は、変形に伴うコンティグイティの低下によりほぼ定量的に説明ができることがわかった。定常クリープ速度の不変性は、コンティグイティの低下と粒径の増大という相反する二つの効果の競合により説明できることが分かった。本研究で観察された構造変化は、部分溶融ペリドタイトについて報告された「dynamic wetting」と呼ばれる現象(Jin et al., 1994)と多くの共通点があることが分かった。