

アナログ物質を用いた部分溶融物質の変形実験：差応力下で生じる異方的構造の その場観察

Stress induced anisotropy of partial melts inferred from experimental deformation of analogue material under acoustic monitoring

武井 康子[1]

Yasuko Takei[1]

[1] 東大・地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

部分溶融物質は固体と液体がグレインサイズスケールで混ざり合った固液二相系であり、そのマクロな物性は液相のミクロな存在形態に大きく依存する。静水圧下に置かれた部分溶融物質では液相が系の全表面エネルギーを最小にするような構造をとることが知られているが、差応力の存在が液相の構造にどのような影響をもたらすかはまだよくわかっていない。本研究では、部分溶融物質を一様な応力下で変形し、差応力下での液相の形態（特にその異方性）を超音波の横波二成分を用いてその場観察した。その結果、差応力下でのみ生じる異方的な構造をとらえた。さらに、このような非平衡構造が生じる理由をエネルギー的に議論した。

部分溶融物質を一様な応力下で変形し、差応力下での液相の形態（特にその異方性）を超音波の横波二成分を用いてその場観察した。その結果、差応力下でのみ生じる異方的な構造をとらえた。実験結果の詳しい報告を行い、このような非平衡構造が生じる理由をエネルギー的側面から議論する。

部分溶融物質は固体と液体がグレインスケールで混ざり合った固液二相系であり、そのマクロな物性（弾性、粘性、浸透率、など）は液相のミクロな存在形態に大きく依存する。静水圧下に置かれた部分溶融物質では、液相が系の全表面エネルギーを最小にするような構造をとることが知られている。そして、このような平衡構造における液相の形態を特徴付けるパラメータがぬれ角であり、様々な地球物質についてぬれ角の測定が精力的に行われている。しかし、地球内部には差応力が存在しており、差応力の存在が液相の構造にどのような影響をもたらすかはまだよくわかっていない。火山深部で観測される地震波速度の異方性や、地質学的に観測される流体やメルトで満たされたクラックやペインの存在は、差応力の影響が決して小さくはないことを物語っている。本研究では、差応力が液相のミクロな構造に与える影響を実験的に解明し、ぬれ角で決まる平衡構造が地球内部にどこまで適用できるのか、また、地震学等で観測可能な情報から地球内部の差応力や液圧などについてどのような情報が引き出せるのか、を明らかにすることを目指している。

実験では、70mm角のアナログ部分溶融試料（二成分共融系の有機物、平衡状態での濡れ角 = 17度）を一様なせん断応力下で変形し、変形中の試料の内部構造（特に異方性）を横波二成分の超音波でその場観察した。その結果、差応力下では、最小圧縮応力の方向に濡れが良くなるような異方性が生じることがわかった。差応力を取り除いて静水圧下に保つと元の平衡構造が回復することから、この異方的構造が差応力下でのみ安定に存在できるものであることがわかる。また、この異方的構造が発達するためには液圧が最小圧縮応力に比べて大きいことが重要であることを示唆する結果も得られた。さらに、異方的構造の発達と密接に関連して、せん断クリープに伴うダイラタンシー、除荷に伴う構造変化、除荷後のクリープ、が観察された。

二相流の基礎方程式系（固相をマックスウエル型の粘弾性体としてモデル化）を用い、本実験と全く等しい境界条件下で、差応力の負荷・除荷、さらに、異方的構造の発達に伴う試料内部の力学状態の変化を計算した。その結果、差応力下での異方的構造の発達が、試料内部のひずみエネルギーを開放することがわかった。最小圧縮応力と液圧の相違により、試料の各固体粒子内部には不均質な応力場が生じる。最小圧縮応力方向に濡れが良くなるような異方的構造の発達は、最小圧縮応力と液圧の差を小さくする効果があり、その結果この不均質な応力場が開放され、系のひずみエネルギーがより安定な状態に近づく。平衡構造からずれたことによる表面エネルギーの増加分はこのひずみエネルギーの開放により相殺され、差応力下では異方的な構造がエネルギー的に安定であると考えられることができる。また、変形に伴うダイラタンシーについては、本計算の結果、歪（又は、応力）のせん断成分と等方成分のカップリング現象（試料の異方性に起因して起こる）により説明できることがわかった。除荷に伴う構造変化と除荷後のクリープについては上記モデルの範囲内での説明が困難であり、試料内に蓄えられた内部応力が原因と考えられる。