パイエルス機構がシアゾーン形成に与える熱/力学的影響

Thermal-Mechanical Effects of Low-Temperature Plasticity (the Peierls Mechanism) on the Deformation of a Viscoelastic Shear Zone

亀山 真典 [1], David A. Yuen [2], 唐戸 俊一郎 [2]

Masanori Kameyama [1], David A. Yuen [2], Shun-Ichiro Karato [2]

[1] 海技センター・フロンティア, [2] ミネソタ大

[1] FRPSD, JAMSTEC, [2] Univ. Minnesota

低温での塑性変形機構がシアゾーンの形成に与える熱、力学的影響について調べた。dry olivine に近いレオロジーの粘弾性体から成る1次元領域の変形を考える。塑性変形の機構として、拡散、転位クリープに加えて、低温で卓越し、強い応力依存性を持つパイエルス機構による変形も考慮した。この結果、速度一定の条件ではパイエルス機構は熱的不安定を妨げる効果があることが分かった。これは低い応力でも変形が促進され、粘性発熱が抑えられるためである。またパイエルス機構による変形は約800K~1000Kの温度範囲で卓越することが分かった。このことは浅い部分でのスラブの変形にパイエルス機構が重要な役割を果たしていることを示唆する。

brittle-ductile 境界付近での変形の局所化は、沈み込みの開始などのプレートテクトニクス的な変形を引き起こす鍵として非常に重要である。過去の研究では、ductile な領域での変形の局所化は、高温で卓越する拡散クリープ/転位クリープのみが考えられてきたが、上部マントル最上部の brittle-ductile 境界付近での変形には低温で卓越するパイエルス機構が重要な役割を担っている可能性がある。このパイエルス機構は高温での塑性変形メカニズムとは大きく異なった温度/応力依存性を持っているので、パイエルス機構によって起こる変形の局所化は拡散/転位クリープで起こるものとは違った特徴を示すと期待される。そこで本研究では、数値モデルにより低温での塑性変形メカニズムがシアゾーンの形成に与える熱的・力学的な影響について調べた。

計算モデルとして、半値幅50kmの1次元領域の境界に一定の剪断速度を与えたときの変形を考える。領域は dry olivine に近いレオロジーを持つマックスウェル粘弾性体から構成されているとする。ここで、剪断速度は平均の歪速度が $1e-14/s$ のオーダーになるようにとった。塑性変形のメカニズムとして、高温で卓越する拡散クリープ、転位クリープに加えて、低温で卓越し、強い応力依存性を持つパイエルス機構も考慮した。

この系では、十分な量の熱が粘性散逸により発生する場合、弾性的に蓄えられたエネルギーが熱に変換されて熱的不安定が起こり、中心部の狭い領域に変形が集中ようになる。パイエルス機構がある場合とない場合で変形の局在化が起こるための条件を比較することにより、速度一定の条件下ではパイエルス機構は熱的不安定の発生を妨げる効果があることが分かった。これはパイエルス機構があることによって、低温でも低い応力で変形が促進され、その結果粘性散逸による発熱量が小さくなることが原因である。また dry olivine のクリープパラメータと、現実的な歪速度を与えた場合、パイエルス機構による変形は約800Kから1000Kの温度範囲で卓越することが分かった。このことは浅い部分でのスラブの変形にパイエルス機構が重要な役割を果たしている可能性を示唆する。