

粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング

Thermodynamic approach to grain boundary premelting in a binary eutectic system

*角田 明博¹、武井 康子¹、山内 初希¹

*Akihiro Tsunoda¹, Yasuko Takei¹, Hatsuki Yamauchi¹

1. 東京大学地震研究所

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

硬いリソスフェアの下に柔らかいアセノスフェアが存在するという描像はプレートテクトニクスの基礎を成している。従来、アセノスフェアの柔らかい物性は岩石が部分融解することに起因すると考えられてきた。しかし、岩石のアナログ物質の融点近傍における非弾性を測定した実験において、融点直下でも顕著な非弾性緩和と粘性クリープの増加がみられることがわかった(Yamauchi and Takei, 2016)。非弾性は粒界滑りに、粘性は粒界拡散に関係しているため、これらの物性変化は、融点直下で粒界の性質が変化することを示唆している。つまり、アセノスフェアの柔らかさがメルトではなく粒界の物性変化によって説明できる可能性がある。しかしその物理メカニズムはよく分かっていない。

物質科学や物理の分野では、融点直下で粒界の無秩序化が生じることが知られており、粒界プレメルティングと呼ばれている。上述した実験の結果は、粒界プレメルティングによってよく説明できると期待される。そこで本研究では、これらの分野で提案されているモデルを用いて、マントルで粒界プレメルティングが生じている可能性やその岩石物性への影響を調べることを目指している。

本研究ではフェーズフィールドモデルと呼ばれる熱力学モデルを用いる。このモデルは、相境界を含むような不均質な系の自由エネルギーを現象論的に与えるモデルである。本研究ではまず、Yamauchi and Takei (2016) で岩石アナログ物質として用いた2成分共融系に注目する。Tang et al. (2006) は、2成分共融系の粒界が、組成、結晶方位、結晶度(又は秩序変数)の3つのパラメータを用いて記述できることを示し、粒界の自由エネルギーを3つのパラメータで表したフェーズフィールドモデルを提案した。この自由エネルギーが最小となる条件を求めることで熱力学的に安定な粒界の組成や結晶度を得ることができる。融点近傍における粒界組成と粒界結晶度を温度の関数として計算することで粒界プレメルティングを理解することを試みた。さらに2成分それぞれの融点、融解エンタルピー、粒界における結晶方位差などのパラメータが粒界の状態の温度変化に与える影響について考察を行った。

キーワード：プレメルティング、フェーズフィールドモデル

Keywords: premelting, phase-field model