

粒界移動速度から推定される粒界水の拡散係数

Diffusivity in grain boundary water estimated from grain boundary migration velocity

渡辺 了[1]

Tohru Watanabe[1]

[1] 富山大・理・地球科学

[1] Dept. Earth Sciences, Toyama Univ.

粒界に存在する水は、圧力溶解クリープや動的再結晶（粒界移動）を通して岩石のレオロジーに大きな影響を与える。圧力溶解クリープおよび動的再結晶では、変形によって生じた化学ポテンシャルの勾配が駆動力となり、固液界面での溶解、粒界水中の拡散、界面での析出という一連の素過程の連続によってプロセスが進行する。粒界水中の拡散は変形の重要な要素のひとつである。

従来、粒界水の物性（とくに拡散係数）は、通常のパルクの水と同じものとして扱われることが多かった。しかし、厚さが数十 nm 以下の薄膜水は、通常の水とは異なりある種の構造をもつという指摘がある [中嶋, 2000]。また、薄膜水中では、厚さと同程度のサイズをもつ水和イオンの易動度は著しく低下することが予想される。粒界水の物性をその厚さと関係づけて理解することが、レオロジーの定量的理解に不可欠である。

われわれは水を含んだ岩塩の変形実験を行い、動的再結晶が著しく変形応力を低下することを見出した [Watanabe and Peach, 2000]。この実験から得られた粒界移動の速度に基づいて粒界水の拡散係数を推定する。試料として用いた合成岩塩（粒径：200-400micrometer）の含水量は約 30 ppm であり、実験条件は圧力 50 MPa, 温度 125°C である。Spiers et al. [1990] は、ほぼ同じ条件で圧密実験を行い、粒界水中の拡散が圧力溶解クリープを律速することを示している。われわれの実験における動的再結晶でも、拡散が全体のプロセスを律速していると考えるのが妥当であろう。このように考えたとき、粒界移動の速度は、粒界での化学ポテンシャル勾配によって駆動される拡散の流量に関係づけられる。逆にいえば、粒界移動の速度から拡散係数を推定することができる。

実験結果から、粒界移動の速度は 10^{-9} - 10^{-8} m/s と考えられる。これは 1-10 時間での 100 micrometer の移動に相当する。また、粒界移動は試料内で一様に認められたので、水は粒界にほぼ一様に分布していたと考えられる。結晶を一辺の長さが 300 micrometer の立方体と考えると、粒界水の厚さは約 5nm となる。拡散の駆動力はサブグレイン境界に蓄えられた弾性エネルギーに起因しており、それは動的再結晶発生時の差応力から推定できる。以上のようにして粒界水の拡散係数を見積もると 8×10^{-14} - 10^{-12} m²/s という値を得る。これはパルクの水について求められている Na イオンの拡散係数 10^{-8} m²/s [Nakashima, 1995] に比べて顕著に低い。

含水量 5ppm の試料において動的再結晶が認められなかったのは、粒界水の厚さがさらに小さくなり、拡散係数もまたさらに低くなったためではないかと考えている。