

石英の再結晶粒径応力計：理論モデル

A theory on the grain size piezometer of quartz

清水 以知子 [1]
 # Ichiko Shimizu[1]

[1] 東大・理・地惑
 [1] Dept. Earth Planet. Sci., Univ. Tokyo

動的再結晶 (DRX) における平均再結晶粒径 d は流動応力 の指標と考えられ、しばしば古応力計として使われてきた。しかし、 d と の関係についての理論的根拠はまだ十分確立されていない。本報告では、流動変形下の再結晶粒径についてこれまでに出されてきた理論をレビューし、その適用可能性について検証する。特に、動的再結晶メカニズムの違いによる d - 関係の変化について議論したい。

定常的な動的再結晶の過程は、材料科学の分野では粒界バルジ核生成 (BLG) + 粒界移動 (GBM) による不連続動的再結晶 discontinuous DRX (DDRDX) と、亜結晶粒回転 (SGR) + 粒界移動 (GBM) による連続動的再結晶 continuous DRX (CDRX) に分類される。いずれも、地球科学でよくもちいられる分類では 移動再結晶 migration recrystallization に相当し、回転再結晶 rotation recrystallization は連続 DRX の遷移過程と位置づけられる。SGR 核生成をともなう連続 DRX は高温・低歪速度条件で変形した鉱物に普遍的であり、不連続 DRX は低温・高歪速度条件で見られる。

Derby-Ashby 理論 (Derby and Ashby, 1987, *Scripta Metall.*; Derby, 1991, *Acta Metall. Mater.*) は BLG+GBM を記述する核生成-成長モデルであり、一方、Shimizu (1998, *GRL*) の理論は SGR+GBM の場合に適用される。Twiss 理論 (Twiss, 1977, *PAGEOPH*) は亜結晶粒径については意味があるが、再結晶粒径への拡張には無理がある。動的再結晶粒径の下限は変形機構図における転位クリープと拡散クリープの境界によって制約されるであろう (De Bresser et al., 1998, *GRL*)。これまで出されてきた有力な理論モデルはいずれも、定常粒径が弱い負の温度依存性をもつことを予測している。

公表されている鉱物や金属の実験データからは、動的再結晶粒径の応力指数 p と回復クリープの流動則における応力指数 n にほとんど相関がないことが示唆される。鉱物の SGR+GBM 再結晶における指数 p は 1.25 付近に集中し、Shimizu (1998) のモデルでよく説明される。

結晶内部核生成モデルによって、石英の再結晶粒径応力計を定式化した。定常組織における 石英の平均粒径 d [μm] は差応力 s [MPa] と温度 T [K] の関数として、次のように表わされる (図 a) :

$$s = 3.33 \times 10^2 d^{-0.8} \exp(698/T)$$

この理論式は、最近の高温高圧実験の結果 (Stipp and Tullis, 2003, *GRL*; Stipp et al., 2006, *JGR*) と調和的である。石英の再結晶粒径応力計は次式で与えられる (図 b) :

$$s = 2.06 \times 10^2 d^{-0.8} \exp(1194/T)$$

低温の変成条件においては、動的再結晶粒径に対する温度効果はかなり大きくなることが予想される。実験室で得られた関係式をそのまま野外に適用すると、応力を過小評価することになる。

