

人工アノサイト多結晶体の変形実験：水の効果

Deformation experiment on synthetic polycrystalline anorthite: effect of water

福田 惇一^{1*}, 武藤 潤¹, 長濱 裕幸¹

FUKUDA, Jun-ichi^{1*}, MUTO, Jun¹, NAGAHAMA, Hiroyuki¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻

¹Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Tohoku University

長石は石英と並び地殻に多く存在し、主として中部-下部地殻におけるレオロジーは長石のそれに代表される。従って、長石の変形機構について、天然試料の分析と変形実験から調べられてきた。一般に物質の塑性変形は、粒径依存型クリープ(転位クリープ)と粒径非依存型クリープ(拡散クリープまたは粒界すべり)に大別され、前者の変形は格子定向配列(LPO)を示し、後者はLPOを示さない。長石の場合、これら二種のクリープの遷移条件は、粒径が15-70 μmで起こると実験的に予想されており、温度、応力条件に加えて、含水量に大きく依存することが報告されている(Rybacki and Dresen 2004, Tectonophysics にレビュー)。

一般に、天然試料は長い地質学的時間を経験しているため、特に含水量の効果に関して、天然試料の分析からでは真に変形条件下での含水量を保持しているかどうかの判別は困難である。また、外部から系へ水が導入されるとき、含水量に応じて、脆性塑性変形遷移も含めた変形機構の変化、変形の促進などが期待されるが、これらの関係性は実験によってのみ構築される。

Stunitz et al. (2003, Tectonophysics) は固体圧(Griggs型)試験機を用い、温度900℃、封圧1 GPaで、長石単結晶試料に外部から水をドープし変形実験を行った。彼らの単結晶の例では、長石単結晶内部への水の体拡散は遅く、水は変形に寄与しないと結論づけている。一方、多結晶体の場合は、物質の高速拡散経路である粒界を伝って、試料内部へ水が容易に拡散し、これに伴う溶液-沈澱が、石英(Vernooij et al. 2006, Tectonophysics)や長石(Heidelbach et al. 2000, JSG)について、粒子形状、溶液-沈澱に支配されたLPOの発達から示唆されている。しかしながら、上述の先行研究では、含水量の定量的な測定、つまり何ppmの水(結晶構造中に保持されたOH、または粒界や流体包有物として保持されたH₂O)がいかなるクリープ機構を促進し、レオロジー特性がどのように変化するかを追求していない。

上述の先行研究を踏まえて本研究では、中部-下部地殻条件下、外部からの水の導入、長石多結晶体に焦点を当て、次のような実験を行った。固体圧変形試験機を用い、温度を950℃まで、封圧を1 GPaまでで剪断変形実験および一軸圧縮変形実験を行った。実験試料として、アノサイト100の組成を持つ細粒ガラス粉末(粒径が<5 μm程度)を1400℃で4時間真空焼結することによって、<5 μm程度のアノサイト多結晶体を作成し、変形実験の出発試料とした。この試料は1 μmまでの空隙を含み、後方電子散乱回折(EBSD)測定により、ランダムな結晶方位であることを確認した。また、赤外分光法測定では水の吸収帯を示さずドライである。試料中へのH₂Oのドープは蒸留水の添加またはパイロフィライト粉末の脱水をH₂Oの供給源とした。実験回収試料薄片の偏光顕微鏡観察から、剪断変形実験試料、一軸圧縮変形実験試料ともに、石膏検板下で試料端から300 μm程度までに干渉色の集中が見られ、LPOの発達を示唆している。また、この領域では、実験前試料に見られた空隙が認められなかった。実験回収試料について赤外分光測定を行ったところ、特に試料端ではゾイサイトの水の吸収帯を示すことが確認され、試料端から300 μmまでに徐々に減少していった。上述したLPOの発達、ゾイサイトの水の吸収帯分布は、水を試料へ導入することによって、差応力下で水の導入に伴い塑性変形が進行し、さらに長石と水が反応し、ゾイサイトが生成したことを示唆する。さらに、本発表では、水の導入とクリープメカニズムをEBSD測定や、粒子形態から推察し、含水量分布と変形機構の関係性についての定量化を目指す。

キーワード: アノサイト, 水の導入, Griggs型変形試験機, EBSD分析, 赤外分光法

Keywords: anorthite, water introduction, Griggs deformation apparatus, EBSD analysis, infrared spectroscopy