

含水岩塩の塑性変形に伴う液相分布の変化：インピーダンス測定による追跡

Tracking of evolution of fluid distribution during plastic deformation of wet halite rocks via electrical impedance measurements

渡辺 了[1], Colin J. Peach[2]

Tohru Watanabe[1], Colin J. Peach[2]

[1] 富山大・理・地球科学, [2] ユトレヒト大・地球科学

[1] Dept. Earth Sciences, Toyama Univ., [2] Fac. Earth Sciences, Utrecht Univ.

はじめに

結晶粒界に存在する流体は、その力学的・化学的作用によって岩石のレオロジーに影響を与える。レオロジーは流体の存在形態に強く依存し、レオロジーによって支配された変形は流体の存在形態を変える。変形と流体の存在形態との相互作用を明らかにすることは、流体を含む岩石のレオロジーを理解する上で不可欠である。本研究では、変形と流体の存在形態との相互作用を明らかにすることを目的として、電気インピーダンス測定を行いながら含水岩塩の変形実験を行った。

実験

試料はNaCl粉末から合成した岩塩（直径：50mm，長さ：120mm，粒径：300-400micron，含水量：~30ppm）である。水の影響を明らかにするために含水量~5ppmの試料を用いた対照実験も行った。変形は三軸圧縮装置（HPT Lab., ユトレヒト大学）を用い、封圧50MPa，温度125°C，歪速度~ $5 \times 10^{-7} \text{s}^{-1}$ （最大歪25）の条件で行った。この条件下ではマイクロクラックの発生はなく、転位クリープによって変形することがわかっている（Peach and Spiers, 1996）。試料の両端には白金電極を取り付け、インピーダンス・アナライザーSolartron1260を用いてインピーダンス測定を行った。

結果

変形特性には含水量による大きな違いが見られた。含水量~30ppmの試料では、変形応力の増加（加工硬化）が歪8-10まで続いた後、応力の一時的な降下が見られた。変形組織はこの応力降下が動的再結晶（粒界移動）によるものであることを示している。応力降下前の変形組織には出発物質と同様のサイズをもつ結晶粒子しかみられないが、応力降下後には初期粒径の10倍近いサイズをもつ結晶粒子がみられた。また、そのような大きな粒子では、周りの小さな粒子に比べて転位組織が未発達であった。転位密度の低い粒子が転位密度の高い粒子を消費しながら成長し、試料の軟化をもたらしたと考えられる。その後応力は増加に転じたが、歪18-20で再び応力降下が生じた。このような加工硬化と動的再結晶の競合により変形応力は $11 \pm 1 \text{MPa}$ という準定常値を示した。一方、含水量~5ppmの試料では歪25まで応力は増加しつづけ、応力降下はみられなかった。歪25での応力は含水量~30ppmの場合の約2倍に達した。また、変形組織には動的再結晶の痕跡はみられなかった。これらの観察事実は、水が粒界移動を著しく促進したことを示している。

インピーダンス測定から求めた抵抗率は、すべての試料で変形開始前に連結した水のネットワークが形成されていることを示した。ただし、その連結は1-10nmと非常に細い部分で維持されていると考えられる。このような部分の流体はバルクの流体と非常に異なった性質をもつことが予想されている（例えば、Rutter, 1983）。流体の存在形態を詳細に求めるためには、このような特異な流体の性質を明らかにしていくことが必要である。

含水量~30ppmの試料では、非常におもしろい抵抗率の変化がみられた。抵抗率は変形に伴って増加した後、応力降下の直前に一時的に減少した。その後抵抗率は再び増加に転じ、2度目の応力降下に対応する抵抗率の減少はみられなかった。含水量~5ppmの場合、抵抗率は変形に伴って単調に増加し測定限界を超えた。観察された抵抗率の変化は、変形による水の連結度の低下と結晶成長による連結度の増加との競合を表すものだろう。2度目の応力降下に対応する抵抗率の減少がみられないのは、変形の進行に伴い粒界移動が次第に散発的に起きるようになるためと考えている。

観察された速い粒界移動は粒界を濡らす水の存在を強く示唆しているが、今回はこのような形態についての情報を得ることはできなかった。含水量~5ppmの試料で粒界移動がみられないのは、粒界に存在する流体が非常に薄いためその拡散係数が低く、十分な粒界移動速度が得られないためではないかと考えている。