

粘土鉱物の加熱剪断に伴う脱水プロセス

Dewatering process of clay minerals under shearing and heating experiment

廣野 哲朗[1]; 田中 秀実[2]; 中嶋 悟[3]

Tetsuro Hirono[1]; Hidemi Tanaka[2]; Satoru Nakashima[3]

[1] JAMSTEC; [2] 東大・理・地球惑星; [3] 東工大・理工・広域理学

[1] JAMSTEC; [2] Dept. of Earth and Planet Sci., Univ. Tokyo; [3] Interactive Research Center, Tokyo Inst. Technol.

岩石摩擦と地震との関係について, Brace and Byerlee (1966)が地震は断層の不安定スリップ(unstable slip or stick-slip)であることを示して以来,多くの岩石摩擦実験が行われてきた.特に,花崗岩等の結晶質岩石の摩擦滑り特性については精力的に研究が行われ,DieterichとRuinaの摩擦構成則で代表される.滑り速度をある定常状態から増加させると,摩擦係数は瞬間的に増加した後,指数関数的に減少し,新たな摩擦係数の定常状態に達する.新たな定常摩擦が最初の定常摩擦よりも小さい場合(速度軟化),すべりは不安定となり得る(Rice & Ruina, 1983).このような摩擦係数の変位速度依存性は,変形媒体内の幾何学的,物理的,化学的な微小変化によると考えられている.例えば花崗岩ガウジでは,ミクロな視点として微小な石英粒子の集合体といえ,摩擦係数の差が正になるか負になるかは,微小粒子表面のアスペリティーや粒間での水の存在,機械的な粒子破碎,粒径変化,粒子接触圧による圧力溶解などの素過程に依存すると考えられている(Lockner et al., 1986).一方,粘土鉱物を含む岩石の摩擦滑り特性では,これらの摩擦構成則が成り立たない.まず粘土鉱物の含有量によって,摩擦係数と滑り特性が変化し(Rutter et al., 1979; Shimamoto & Logan, 1981),また低圧・常温下ではクリープ性の安定滑りを示すが,高温高压下では不安定滑りへと移行する.これには粘土鉱物の吸着水,層間水・構造水の脱水や相転移が関係していると考えられている.

沈み込み帯型地震を想定した岩石の摩擦滑り構成則の定式化のために,最近,粘土鉱物が注目されている.先述のように,粘土鉱物は特異な摩擦滑り特性を示し,それには吸着水,層間水・構造水の脱水や相転移が起因しているだろう.各種の粘土鉱物を様々な温度条件下で脱水させながら摩擦滑り特性を調べる実験はすでに行われつつある.本研究では,それらと相補的な位置づけで,よりミクロな視点で脱水と摩擦滑りの物理化学的な関係に焦点を当て,リング剪断その場赤外スペクトル測定を進めている.これは小型のリング剪断装置を顕微赤外分光計上に配置し,変形させながらその状態変化をその場観測する実験である.粘土鉱物の高温・剪断時における脱水過程および相変化を赤外吸収スペクトル測定によってその場観測し,それが摩擦滑り特性にどのように影響しているかを調べるのを具体的な対象としている.

まだ装置開発の段階にあるため,今回は予備実験の結果のみを報告する.まず,加熱させた際の粘土鉱物の脱水過程について赤外吸収スペクトルのその場測定を行った.試料はモンモリロナイト(クニミネ工業製クニピアF)を用いた.赤外吸収スペクトルにおいて,モンモリロナイトは吸着水と層間水のO-H伸縮振動による幅広いピークを 3400cm^{-1} に,構造水の伸縮振動によるピークを 3622cm^{-1} に示す.それぞれのピークが近接しているため,結合音の波数領域($4000\text{-}5500\text{cm}^{-1}$)を用いて,両者の区別を行った.200℃までの昇温度実験の結果,モンモリロナイトの吸着水・層間水は80-120℃において脱水する(但し相対湿度にも依存)が,構造水は脱水しないことが認められた.次に剪断による脱水への促進効果を検証するために,剪断させた場合及びさせない場合でのモンモリロナイトの赤外吸収スペクトルを50, 75, 100, 125, 150℃で測定した(昇温レートは10℃/分;剪断レートは5/s).その結果,125℃および150℃のスペクトルにおいて,剪断ありの場合のほうが 3432cm^{-1} 付近の吸収が低い.これは剪断に伴って,層間水の脱水が促進されたことを示すと考えられる.また,構造水を示す 3650cm^{-1} の吸収は変化しなかった.さらに,剪断レートを1, 10, 100/sと変化させた実験の結果,剪断レートが高いほど,脱水速度が増すことが確認された.以上の結果,モンモリロナイト中の層間水・吸着水の脱水は温度(湿度)のみならず,剪断にも依存性を持つことが明らかになった.これはプレート沈み込み帯および地震発生帯の浅部での岩石の変形と流体の関係を考える上で重要な結果と言える.