

断層帯の粘土鉱物の挙動の基礎的研究 カオリナイトの非晶質化と再結晶化 Behavior of clay minerals in fault zones - amorphization and recrystallization of kaolinite

藤本 光一郎^{1*}, 佐藤 公法¹

Koichiro Fujimoto^{1*}, Kiminori Sato¹

¹ 東京学芸大学

¹Tokyo Gakugei Univ.

ナノサイズの粒子は断層の摩擦的性質に大きな影響を与えていると考えられ、近年注目を集めている (Ma et al., 2006 など)。機械的粉碎による細粒化にとどまらず、それによって励起される化学的変化 (メカノケミカルな変化) が生じることと考えられ、飯田松川断層では粉碎起源と思われる非晶質物質が発見されている (Ozawa and Takizawa, 2007)。脆性断層の変形集中部 (断層コア) には粘土鉱物が多産するが、粘土鉱物はメカノケミカルな過程で非晶質化することなどが知られており、その挙動を調べることは重要と考えられる。本研究においては、組成が単純であり、実際に台湾のチェルンブ断層の断層コアでの選択的消失が報告されているカオリナイト (Hirono et al., 2008) を対象にして、機械的な粉碎実験と、再結晶化実験を行った。

非晶質化実験: 関白産カオリナイト (日本粘土学会 参考資料 JCSS1101b) について、遊星型ミルを用いて乾式の粉碎実験を行った。45ml の WC 製容器に 5mm 径の WC 製ボールを 180 個入れ、400 回転/分の条件で粉碎をしたところ、30 分程度で X 線回折のカオリナイトのピーク強度が低下した。不純物として含まれる石英やミョウバンのピーク強度がほとんど変化していないことから、カオリナイトが選択的に非晶質化したと考えられる。FE-SEM による観察でも、数 nm サイズの細かい粒子の集合体に変化している様子が観察されている。また、ナノスケールの空隙のサイズ分布をポジトロニウムの寿命計測によって評価し、粉碎に伴う変化が検出された。この実験による容器内の衝突のエネルギーは、全体としては一回の M7 程度の地震性滑りの破壊エネルギーにほぼ匹敵すると考えられる。スメクタイトの一種であるステープンサイトも同様に機械的粉碎を試みたが、カオリナイトほどの顕著な非晶質化は起こらなかった。粘土鉱物でも構造の違いによって非晶質化のされやすさに違いがあるのかもしれない。

加熱による非晶質化の実験も行った。600 °C では 1 時間で、また 1000 °C では 1 分の加熱で X 線回折パターンでほぼ完全にカオリナイトのピークが消失し、非晶質化されることが確認された。

再結晶化実験: 機械的粉碎で純粋な非晶質物質を作ることができなかったため、ジョージア産カオリナイトを温度 600 °C の電気炉で 1 時間加熱することで非晶質化させた。それを pH3 の希塩酸水溶液で、140 ~ 250 °C の温度条件で 2 時間 ~ 1 月程度熱水処理を行った。生成物を X 線粉末解析で解析し、カオリナイトの 002 ピークの面積から結晶化率を半定量的に求めた。250 °C では数時間で、200 °C では 1 日、170 °C では 4 日前後でほぼ 10% 程度がカオリナイトに再結晶化すると評価された。この結晶化率から考えると常温では再結晶化するのに数百年以上の時間がかかることが予想される。

カオリナイトは大地震による高速すべりによる摩擦発熱や機械的粉碎のどちらでも非晶質化しうると考えられる。また、非晶質化した後で長時間経過すると、再結晶化する可能性もある。

キーワード: 断層, 粘土鉱物, カオリナイト, メカノケミカル, 非晶質化

Keywords: fault, clay mineral, kaolinite, mechanochemical, amorphization