

断層深部延長におけるイントラフォリアル褶曲の発達 Development of intrafolial folds at deeper extension of seismic fault

金子 英亮^{1*}, 武藤 潤¹, 長濱裕幸¹

Hideaki Kaneko^{1*}, Jun Muto¹, Hiroyuki Nagahama¹

¹ 東北大・理・地圏

¹ Inst. Geol. Paleontol., Tohoku Univ.

内陸地震の発生過程を理解しようとしたときに、脆性-塑性遷移領域での岩石の塑性変形の性質、この領域の破壊発生過程、そしてこの領域での断層内部構造を理解する必要がある。この時、かつて脆性-塑性遷移領域において大地震を起こした断層が、上昇剥し現在地表に露出しているような場所を解析するのが都合がよい。畑川破砕帯は、これまで塑性変形と破壊の関係を示す痕跡 (Takagi et al., 2000) が見つかったことから、かつての震源域がそのまま地表に露出している可能性が高い (重松ほか, 2003)。

我々は、畑川破砕帯に分布する花崗岩マイロナイト中に、イントラフォリアル褶曲を発見した。このイントラフォリアル褶曲は、もともと層状構造を持たない均質な岩石に生成したという点で、堆積岩や変成岩中に見られる普通のイントラフォリアル褶曲とは基本的に異なっている (福留, 1986)。福留 (1986) はマイロナイト中のイントラフォリアル褶曲は、ひずみ速度の不連続性により生じる Kelvin-Helmholz 不安定性により形成される可能性を指摘した。断層深部延長において、そのような塑性不安定性がすべりの加速と固着している断層上部における応力集中を引き起こし、地震発生につながることを示唆される。

本研究では、畑川破砕帯に露出する花崗岩ウルトラマイロナイトの微細構造及び、イントラフォリアル褶曲構造を示す石英多結晶体の格子定向配列 (LPO) 及び粒径を走査型電子顕微鏡 - 電子後方散乱回折法 (SEM-EBSD) を用いて測定した。得られた微細組織をもとに変形条件を推定し、震源断層に応力集中を引き起こす断層深部延長での塑性不安定性の機構 (イントラフォリアル褶曲の形成機構) を明らかにすることを目的とする。

イントラフォリアル褶曲はマイロナイトの面構造に垂直で線構造に平行な面で観察される。マイロナイトは石英多結晶と細粒な石英、長石、雲母を含む基質部の互層からなり、褶曲は石英多結晶体の層に発達する。褶曲形態は非対称であり、波長が 1cm 以下というオーダーで、褶曲の波長と層厚の比は 1.2 - 4.5 である。褶曲部分の石英多結晶は再結晶粒のみで構成され、LPO を持つことから転位クリープによって再結晶したものである。EBSD 測定から石英 LPO パターンはひずみ楕円の Y 軸に集中する Y 集中 LPO を示す。EBSD 法を用いて粒径を測定し、平均粒径は $6.32 \pm 3.86 \mu\text{m}$ ~ $14.27 \pm 6.67 \mu\text{m}$ であった。これに対して、細粒な基質部の粒径は最大 $5 \mu\text{m}$ 程度であり、明瞭な LPO を持たないことから拡散クリープによって変形したと考えられる。鉱物組み合わせと石英 LPO パターンから、変形温度の見積もりを行った。角閃石の塑性変形が観察され、石英多結晶体の LPO パターンが Y 集中を示すことから、本研究のマイロナイト試料は 450 ~ 500 °C で変形したと考えられる (Toy et al., 2008)。得られた粒径から Stipp and Tullis (2003) の粒径応力計を用いて差応力を、Hirth et al. (2001) の流動則を用いてひずみ速度の見積もりを行った。褶曲した石英多結晶体の差応力は 81 ~ 154MPa であり、ひずみ速度は 10^{-12} ~ $10^{-10}/\text{s}$ と見積もられる。このひずみ速度は、測地的に求められた現在の東北日本における東西短縮ひずみ速度 (約 $10^{-15}/\text{s}$) (Miura et al., 2004) と比較して最大 5 桁速い。イントラフォリアル褶曲はひずみ速度の不連続性により発達することから (福留, 1986)、マイロナイト中の細粒基質部はさらに速いひずみ速度で変形していた可能性がある。このような断層の深部延長におけるひずみの集中が固着している断層上部に応力集中を引き起こし、地震発生につながるのではないかと考えられる。

キーワード: イントラフォリアル褶曲, 塑性不安定性, ウルトラマイロナイト, 畑川破砕帯, 内陸地震

Keywords: intrafolial fold, plastic instability, ultramylonite, Hatagawa Fault Zone, inland earthquake