

鏡肌の形成過程と成因 Formation process and mechanism of slickenside

安東 淳一^{1*}, 西脇 隆文¹, 大藤 弘明², 渡邊 克晃², 早坂 康隆¹

ANDO, Jun-ichi^{1*}, NISHIWAKI, Takafumi¹, OHFUJI, Hiroaki², WATANABE, Katsuaki², HAYASAKA, Yasutaka¹

¹ 広島大学, ² 愛媛大学, ³ 東京大学

¹Hiroshima University, ²Ehime University, ³The University of Tokyo

地球内部のダイナミクスの研究において、断層形成から地震発生に至る過程を岩石物性の見地から解明する研究は非常に重要であり、かつ興味深い。この断層物性に関する研究では、近年の高速摩擦試験機を用いた実験が大きな貢献を果たしている(例えば、Hirose and Shimamoto, 2005; Di Toro et al., 2011)。高速摩擦試験を通じて、幅広いすべり速度条件における断層すべりの力学特性が明らかとされ、更には回収試料の微細組織観察によって摩擦すべりの素過程も解明されつつある。これら一連の研究における重要な結果は、断層すべり運動を断層面で消費される摩擦エネルギーと云う点から把握する視点にある。特に摩擦発熱を起因して断層面に沿って生じる物理化学反応をいかに正確に把握するかという方向性が示された。熔融現象、間隙水圧の変化、熱分解反応等が重要な現象として報告されている。

一方でこのような室内実験によって得られるすべり運動の力学特性が、実際の断層に適用できるかどうかを検証するには、断層岩の組織観察が非常に重要となる。また自然現象として実際の断層面で生じた物理化学反応を把握する為にも断層岩の組織観察は必須である。従って断層のすべり運動の素過程を明らかにする為には、今後も高速摩擦試験と共に断層岩の組織観察が重要となる。

断層岩のうち、断層運動の素過程の情報を残している最も代表的な岩石はシュードタキライト(ST)であり、多くの研究成果が報告されている。STと共に鏡肌も断層面上に発達する組織として古くから知られている。鏡肌は滑らかな光沢のある面を示し、その成因には断層運動による母岩の熔融或いは粉碎といった現象の関与が考えられている(例えば、Spray 1989)。しかし、その詳細はST程には理解されていない。そこで我々は、鏡肌を形成する様な断層運動の素過程に対して何らかの制約を与える事を目的に、主に透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて、チャート岩体中に発達している非常に強い光沢を示す鏡肌の微細組織観察を進めている。チャート岩体に注目した理由は、鏡肌を発達させている岩石の多くはチャートである事、また、チャートは石英を主要構成鉱物(単一鉱物岩石)とするので、微細組織の解釈がしやすいという利点の為である。

試料は山口県東部の弱変成ジュラ紀付加体(玖珂帯)を構成するチャートに発達する鏡肌である。このチャートは礫質泥岩中に約数10m規模の岩体として露出しており、非変形部分は淡青色~白色を呈している。鏡肌面に接する石英粒子の薄片観察では以下の特徴が認められる。1)脆性破壊をしていない。2)塑性変形の特長である粒界でのバルジ形成や強い波動消光を示す。また、EBSDとTEMによる観察では、3)塑性変形による大歪の際に形成される亜結晶粒界の形成は認められない。4)石英粒子はLPOを形成しておらず、5)大きな差応力が加わった際に形成される転位の絡み合いが顕著に発達している事が分かった。そして重要な結果は、6)鏡肌面は厚さ約50nmの非晶質層で覆われている事である。7)この非晶質層のSTEMによる元素分析では、主にSi、Fe、Alが検出された。これらの観察結果は以下の事を示唆する。1)断層形成以前にはチャートはほとんど塑性変形しておらず、2)断層形成直前の高差応力状態によって始めて石英中に転位の絡み合いをもたらす塑性変形が生じた。3)断層運動中には、断層面の極近傍(~50nm)を形成する石英と粘土鉱物が非晶質化した。石英粒子は脆性破壊をしていない為、断層すべりはこの非晶質部分のみで生じたと考えられる。4)断層すべりが生じている際に非晶質層の内部で、石英と粘土鉱物を起源とするSiとFe及びAlが混合した。

本研究結果から断層運動が約50nmの非晶質層のみで生じた事が示唆されるが、この非晶質化現象の成因は現時点では不明である。しかし、本チャートが持つ特徴的な組織として、鏡肌近傍に存在する細粒(約10µm)な等粒状のアパタイト粒子からなる黒色脈が挙げられる。チャート中にはアパタイト組成を有する微化石が多量に確認できるので、この黒色脈はアパタイト組成を有する微化石が断層運動時の摩擦発熱によって選択的に熔融し形成された可能性が高い。従って、上記非晶質層も石英の摩擦熔融によって形成された可能性が考えられる。

現在はサンフランシスコ市内と愛知県田原市に露出するチャート岩体に発達する鏡肌の観察も行っているため、比較研究の結果に関しても言及したい。

Di Toro et al., 2011, Nature, doi10.1038; Hirose and Shimamoto, 2005, JGR 110, B05202; Spray, 1989, JSG 11, 895

キーワード: 鏡肌, シュードタキライト, 断層, チャート, 微細組織

Keywords: slickenside, pseudotachylyte, fault, chert, microstructure