

## 上部地殻中の脆性 塑性転移帯のレオロジー : 浸透的な脆性変形と圧力溶解沈澱クリープ

### Rheology in the brittle-ductile transition zone of upper crust: pervasive brittle deformation and dissolution-precipitation creep

# 竹下 徹 [1]; El-Fakharani Abdel-Hamid[2]; 森 政蔵 [3]

# Toru Takeshita[1]; Abdel-Hamid El-Fakharani[2]; Seizo Mori[3]

[1] 北大・理・自然史科学; [2] 広大・理・地球; [3] 北大・理・自然史

[1] Dept. Natural History Sci., Hokkaido Univ.; [2] Earth system, Hiroshima Univ.; [3] Natural History Sciences, Hokkaido Univ.

主として 1980 年代に岩石の変形実験に基づき構築された差応力断面は、上部地殻の流動が石英のそれに支配されるとした時の脆性 塑性転移 (brittle-ductile transition, 以下 B-D 転移) 点の深さが内陸地震震源の下限を決め、概ね天然の事実と調和的であった。しかし一方で、実際に実験値を用いて計算された B-D 転移点における差応力は高くなりすぎるといった問題点や (例えば、間隙水圧が静水圧で逆断層を仮定した時のそれは、深さ 13 km で 480 MPa)、変形機構と差応力の急変が妥当かどうかはその後あまり検討されることはなかった。一方、最近になって上部地殻の脆性強度がかなり低くないと断層形成により変成岩の上昇が生じないという研究 (Beaumont et al., 2004, JGR) や、実際に断層破砕帯を構成する物質 (粘土鉱物等) の摩擦係数が低いことや、間隙流体圧の高まりが脆性強度を下げていることが議論され始めた (例えば、Faulkner et al., 2006, Nature)。

これらの問題を考える上で、実際の天然の上昇削はくされた、過去の B-D 転移帯の変形構造の観察は重要である。三波川変成岩は、過去に B-D 転移帯を越えて上昇して来た変成岩なので、この問題を検討するのに格好の材料を提供している。我々は最近、四国中央部三波川変成岩が、上昇時の D2 時相に B-D 転移点の条件で著しい正断層活動を被っていることを発見したが (Takeshita and Yagi, 2004, GS London, Special Pub.; El-Fakharani and Takeshita, 2008, J. Asian Earth Sciences)、一連の研究の中で B-D 転移帯のレオロジーを考える上で重要な事実が明らかとなって来た。1つは、メソスコピックな正断層が多数発達している部分においては、高い密度で微小正断層 (シェアバンド) が発達している事実である。つまり、正断層群はかなり厚いダメージゾーンを伴っている。シェアバンドは、それに沿って新期のフェンジャイトや緑泥石が成長しているほか、シェアバンドに沿って石英が細粒化しており全体としてある幅を持った微小剪断帯となっている。石英片岩中では、D1 時相に形成された再結晶石英中に網目状に共役の D2 微小剪断帯が発達する構造となっている。微小剪断帯の幅は変形の進行とともに拡大し、再結晶石英はレンズ状に取り残される。このような産状は、近年スペインのやはり B-D 転移点の条件で形成された剪断帯それと酷似している (Schrank et al., 2008, JGR)。彼らは、変形の進行に伴うこれらの剪断帯の拡大は歪硬化を示しているわけではなく、歪軟化により生じると解釈している。

もう一つの重要な発見は、B-D 転移帯付近では一部で圧力溶解沈澱クリープが大規模に進行していることである。上記の石英片岩中でレンズ状に取り残され再結晶石英部には D1 時相に形成された強い石英 c 軸ファブリック (type I crossed girdles) が残存している一方、一部の試料中では石英多結晶中の c 軸ファブリックがランダムとなっている。これらの石英結晶は、不規則な形状をしているほか直線の粒子境界を持っており、強い石英 c 軸ファブリックを持つ再結晶石英が示す入り組んだ粒子境界とは異なる組織を示す。したがって、石英結晶は溶解沈澱の過程で形成された石英であり、その結果石英 c 軸ファブリックがランダムとなっていると推察される。一方、塩基性片岩中にはアスペクト比が場合によっては 10 を越える緑泥石や石英から構成される歪フリンジが高い密度で発達しており、溶解沈澱クリープが優勢であったことがわかる。

以上、B-D 転移点付近の断層帯では、網目状のシェアバンド形成が生じており、脆性変形は狭い断層破砕帯に沿ってだけ起こっているわけではない。また、シェアバンドに沿う細粒鉱物集合体で定義される微小剪断帯は超塑性を示すと予想される。したがって、Sibson 以来、断層帯の幅は脆性領域で非常に狭く、塑性領域に入って深さとともに拡大して行くと単純に考えられたが、B-D 転移帯付近の断層は厚いダメージゾーンを伴っていて、溶解沈澱クリープも伴う浸透的な脆性変形 (distributed brittle deformation) が起こっていると推察される。