

断層の幾何学と破砕帯の分布・発達過程

Fault geometry affecting spatial distribution and evolution of fracture zones

丹羽 正和^{1*}

NIWA, Masakazu^{1*}

¹ 日本原子力研究開発機構

¹Japan Atomic Energy Agency

断層の発達過程と幾何形状との関係については、アナログ実験や破壊のシミュレーション、露頭スケールでの地質観察を中心とした研究に基づき数多くの議論がなされている。一方、2億年以上にわたり変動帯に位置し続けている日本列島では、複数の断層が相互に関与し、総延長が数10km余りに及ぶような断層帯を構成する場合が多い。断層帯において地震活動やそれに伴う岩盤の破壊・変形を議論する際には、地質図規模の広域的なスケールでの調査に基づき断層帯の発達過程を把握することが重要である(例えば、大橋・小林, 2008, 地質雑)。これらの知見は、将来の断層活動における破砕帯の広がりを予測・評価する上でも必要であり、放射性廃棄物の地層処分や液化天然ガスなどの地下備蓄といった分野にとっても重要な研究対象である。本講演では、破砕帯の分布・発達過程や、それらと断層帯の幾何形状との関係について明らかにするため、岐阜県の跡津川断層帯などにおいて実際に地質図規模(約20km四方)のスケールでの調査を行った事例(丹羽ほか, 2008, 地質雑; Niwa et al., 2011, Eng. Geol.)について紹介する。

複数の断層からなる断層帯の場合、2つの断層同士が向かい合うステップ部では、著しい応力変化に起因する膨張または圧縮により、小断層や割れ目の発達程度が大きいことが指摘されている。特に、圧縮性のステップの場合は、破砕帯が広域的に広がるモデルも提示されている(Sibson, 1986, PAGEOPH)。本研究ではまず、圧縮性ステップにおける破砕帯の産状や広がりについて把握するための調査を行った。調査対象地域は跡津川断層西部で、空中写真判読および地質調査に基づき圧縮性ステップを認定した。破砕帯の詳細な露頭・鏡下記載からは、圧縮性ステップでは、断層トレースとほぼ平行な剪断面に加え、それらと大きく斜交する剪断面が顕著に発達する。これは、ステップ部において R_2 面(Davis et al., 1999, JSG)やdeformation band(Okubo and Schultz, 2006, Geol. Soc. Amer. Bull.)といった2次的な割れ目が特徴的に発達するという既往の研究と整合的である。また、割れ目密度が高く、岩石や鉱物の角礫化が進むものの、破砕岩片の剪断に伴う回転や変位の程度が小さく、大局的には配列性に乏しいという破砕帯の特徴は、Sibson(1986, PAGEOPH)などが概念モデルとして提示している圧縮性ステップの特徴と一致する。

さらに、地表地質調査の領域を広げることにより、破砕帯が広域的にどのような分布を示すのかを明らかにした。跡津川断層帯の場合、破砕帯は断層トレースから両側500m以内に集中する。これは、圧縮性ステップの有無にかかわらず傾向はほぼ同じである(つまり、ステップ部の内側では岩盤の破壊が著しいが、外側における破砕帯の発達の程度はほぼ一様である)。破砕帯の露頭・鏡下記載、X線回折などによる鉱物分析に基づく、破砕帯のほとんどは、より古い時代に地下深部で形成された葉片状カタクレサイトなどの破砕帯や岩脈などの既存の弱面を利用して繰り返し活動していることが分かる。

なお、幅2m以下の小規模な破砕帯は、断層トレースから両側500mより離れた地点にも散在する。これらの多くは、岩石に初生的に発達している節理や片理面などの弱面に沿って形成されており、地質図規模での連続性に乏しい。微細構造は、開口クラックを主とするネットワーク状のクラックの発達で特徴付けられ、顕著な剪断を伴わない単純破砕の産状を示す。変質鉱物はスメクタイトやカオリナイトが主であり、地下数kmより浅い環境下での形成を示唆する。これらの小規模な破砕帯の成因としては、低封圧化での応力解放や重力滑動などのノンテクトニックな要因に加え、断層トレースから離れた地点でもごくまれに発生するマグニチュード3~4以上の浅い地震が要因になっている可能性もある。