

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Formation and sealing processes of underground-water
conducting fractures associated with faulting of granite

(地下花崗岩体中の断層に伴う透水性割れ目の形成・シーリングプロセス)

氏 名 石橋 正祐紀

論 文 内 容 の 要 旨

花崗岩類で代表される硬岩盤中の断層沿いには、断層形成および断層運動に伴う割れ目が発達する。この断層周辺に発達する割れ目帯をダメージゾーンと呼ぶ。とくに日本のような造山帯においては、安定大陸に比して花崗岩類岩体の冷却・上昇過程の違いにより割れ目やダメージゾーンの発達が顕著であることが示されている。これらの割れ目やダメージゾーンは、地下水や地下水に溶解した元素の移動経路として機能すると考えられているものの、その特徴が十分に理解されているとは言い難い。近年では、大規模地下空間利用や資源備蓄さらには地下廃棄物処分等において、その地質学のおよび応用地質学的評価の重要性が指摘されている。本研究では、そのような背景のもと、地下花崗岩類岩盤中の断層周辺ダメージゾーンおよび割れ目の詳細な水理学的特徴とその形成の変遷を明らかにするために、岐阜県東濃に位置する地下研究所（瑞浪超深地層研究所）の地下 300m および 500m 水平坑道で確認された、花崗岩体中断層と割れ目の地質学的・鉱物学的・水理学的調査を実施した。

地下坑道における断層ならびにダメージゾーンとその周辺岩盤中の割れ目に関して、割れ目形態・分布、割れ目充填物の産状および鉱物種、そして透水性を有する割れ目の透水量係数の空間的な分布を調査した結果、地下坑道を横断するトレース長の長い割れ目（約 4 m 以上）は、ほぼ全体に一定の頻度で認められるものの、ダメージゾーン内ではトレース長の短い割れ目（4 m 以下）が特徴的であることが明らかとなった。また、トレース長の長い割れ目と短い割れ目では割れ目充填物の産状と種類も異なる。前者は、緑泥石やセリサイトなどの熱水性の鉱物が層状に充填成長する組織を有し、その割れ目の多く（約 9 割）が充填物によってシーリングされ移動経路として機能して

いないことが明らかとなった。一方、短い割れ目は、主に方解石を主体とする天水起源の地下水との反応で生じた充填鉱物を特徴的に有する。また断層近傍のダメージゾーン内では、トレース長に関わらずスメクタイト・石英・長石・方解石・緑泥石などの微細な未固結鉱物（肉眼では青灰色の‘粘土状’充填物）の充填が特徴的である。この微細な充填鉱物は、周辺母岩のマトリクスをプルアパート状に破壊しつつ形成されたネットワーク状の割れ目内を充填することから、断層活動に伴う高間隙水圧状態で圧入された可能性がある。その水理学的特徴も、原位置におけるパッカー式水理試験の結果より、ダメージゾーンの透水性は断層の影響が及んでいない領域より低いことが示された。

以上の結果から、断層周辺ダメージゾーンの割れ目を含む岩体内割れ目は以下の3段階を経て、その水理学的特徴が形成されると考えられる。ステージⅠ：花崗岩質マグマが貫入後、冷却しつつ延性脆性遷移温度以下となった後にトレース長の長い割れ目が形成される。この割れ目は岩体全体に形成されており‘バックグラウンド割れ目’と呼ばれる性質のものである。この割れ目には、冷却過程における熱水が選択的に循環し、主に熱水性鉱物によって充填される。ステージⅡ：岩体冷却後の隆起等に伴う断層形成および断層運動に伴って、断層周辺にダメージゾーンが発達する。ダメージゾーンでは断層運動に伴いトレース長の短い割れ目が主に形成され、これらの割れ目の連結によるネットワーク構造が生じる。ステージⅢ：当初移動経路として機能していたと考えられるダメージゾーンも、断層活動にともなう微細な充填鉱物の充填によって割れ目が充填・閉塞され透水性が低下する。その結果、断層周辺に発達するダメージゾーンの透水性は、周辺母岩よりも低くなる状態が形成されたと考えられる。

以上の結果から、日本のような造山帯に位置する花崗岩体においては、岩体冷却後からその後の断層運動に伴うダメージゾーンの形成によって生じる割れ目は、形態的に違いがあり、また充填鉱物にも違いのあることが確認された。また、その透水性は、ダメージゾーンも含め形成された割れ目全てが移動経路として機能しているのではなく、形成後の割れ目充填鉱物によるシーリングと断層の再活動に伴う微細鉱物の充填によって、多くの割れ目がシーリングされ透水性割れ目としての機能を失うことが示された。